



UNIVERSIDADE TÉCNICA DE LISBOA
Faculdade de Medicina Veterinária

ORIENTAÇÕES DE HIGIENIZAÇÃO NA PRODUÇÃO PRIMÁRIA DE LEITE E INDÚSTRIA DOS LACTICÍNIOS

LUÍS MIGUEL MARTINS CRUCHO SANTANA CORREIA

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO EM MEDICINA VETERINÁRIA

JURI

Professora Doutora Marília Ferreira

Professor Doutor Rui Bessa

Dr. Ruben Nogueira Mendes

Professor Doutor Luís Madeira de
Carvalho

ORIENTADOR

Dr. Ruben Nogueira Mendes

CO-ORIENTADOR

Professor Doutor Luís Madeira de
Carvalho

2009
LISBOA

AGRADECIMENTOS

Decorria o ano de 2003 quando iniciei esta jornada, que agora termina com a conclusão deste trabalho. Foi um curto período de 6 anos em que adquiri novos conhecimentos, diferentes competências e onde fiz alguns bons amigos. Estes anos trouxeram-me não só muitos momentos de grande satisfação e divertimento, como também responsabilidades acrescidas e diversos insucessos com os quais tive de lidar mas que, acima de tudo, me fizeram crescer.

Muitas foram as pessoas que contribuíram decisivamente para o facto de ter conseguido terminar com sucesso, esta “viagem”.

Quero, deste modo, começar por agradecer à minha família, por todo o amor que me deram ao longo da minha vida. Este período, em especial, não foi excepção. Sem eles não teria sido possível ultrapassar algumas fases mais complicadas com as quais, pontualmente, me deparei. À minha namorada, por muito do apoio que me deu, pela ajuda que me prestou quando necessitei e por todo o carinho com que o qual me tratou ao longos destes anos.

Ao meu Orientador, o Dr. Ruben Mendes, pela amizade, conhecimento e paciência que teve para comigo, ao longo da minha estadia na *JohnsonDiversey*. À restante equipa por toda a ajuda que me prestaram e a disponibilidade que tiveram para me ensinar e esclarecer. A todos eles agradeço também, o modo como me receberam e como fui tratado ao longo de todo o período de estágio.

Ao meu Co-orientador, o Professor Doutor Luís Madeira de Carvalho, pela incansável vontade e disponibilidade que demonstrou em me ajudar, mas também pelo que aprendi, ao longo das conversas que tivemos e pela amizade e motivação que sempre me transmitiu.

A todas as pessoas que, de algum modo, contribuíram para a minha formação e, em concreto, para a realização deste trabalho.

Aos meus colegas, que sempre tiveram uma palavra para mim.

E por fim, um agradecimento particular, a Deus, por tudo o que me tem proporcionado ao longos destes 24 anos de vida.

ORIENTAÇÕES DE HIGIENIZAÇÃO NA PRODUÇÃO PRIMÁRIA DE LEITE E INDÚSTRIA DE LACTICÍNIOS

Resumo

Ao longo dos tempos, o cuidado empregue na higienização dos alimentos revelou-se fundamental para a saúde e bem-estar dos consumidores. O conhecimento do modo como a sujidade e os resíduos, provenientes da manipulação dos alimentos, interagem com os detergentes e diversas soluções de limpeza, é determinante para um correcto planeamento da limpeza e da desinfecção, e sobretudo, para a optimização do resultado final.

O leite é um alimento que se apresenta enraizado na cultura portuguesa e constitui a grande matéria-prima para o fabrico dos diversos lacticínios. As suas características próprias requerem que os responsáveis pelo planeamento e execução da higienização das diversas superfícies e equipamentos tenham presentes as diferentes alternativas existentes para a correcta execução destes procedimentos.

Os produtores de leite deverão estar conscientes de que a higiene do leite depende da higiene de toda a exploração, da saúde e bem-estar dos animais, e não apenas das condições em que se encontram a sala de ordenha, as instalações adjacentes e do modo como a ordenha é realizada.

A indústria dos lacticínios requer um elevado padrão de higiene, que apenas permite o seu cumprimento recorrendo aos melhores e mais recentes métodos de higienização, em conjunto com uma intervenção activa por parte dos técnicos responsáveis.

A utilização dos actuais métodos de limpeza *Cleaning in Place* (CIP) e *Open Plant Cleaning* (OPC), bem como dos diversos detergentes e produtos comerciais com formulações muito específicas, permite a obtenção de elevados níveis de higiene, uma elevada reprodutibilidade das operações de limpeza e desinfecção, possibilitando em muitos casos a redução dos custos relacionados com estes procedimentos.

Em conclusão, higiene é um factor preponderante e decisivo para o sucesso da produção primária de leite e da indústria responsável pela sua transformação.

Palavras-chave: Higiene; limpeza; CIP; OPC; leite; lacticínios.

RECOMENDATIONS CONCERNING HYGIENE OF PRIMARY MILK PRODUCTION AND MILK INDUSTRY

Abstract

Over time, the importance given to food hygiene has proven to be fundamental to the health and welfare of consumers. Knowledge of how dirt and waste, generated while handling food, interact with detergents and various cleaning solutions is crucial for the proper planning of cleaning and disinfection and above all to optimize the final result.

Milk is a product that is rooted in the Portuguese culture and is the major raw material used in the production of various dairy products. Its characteristics require that those responsible for planning and implementing cleaning procedures are aware of the various surfaces and equipment options available in such a way that the best implementation of procedures can be achieved.

The milk producers should be aware that the hygiene of milk depends on the hygiene of the whole farm, health and welfare of the animals and not only the conditions of the milking room and adjacent areas.

In order to comply with a high standard of hygiene the milk industry requires the latest and best methods of cleaning alongside an active intervention by the technician responsible. Current methods such as Cleaning in Place (CIP) and Open Plant Cleaning (OPC) and tailor made detergents and commercial products permit high hygiene levels. In addition, reproducibility of results is also high when reusing these methods and in many cases overall costs can be reduced.

To summarize, the hygiene is a dominant and decisive factor for the success of primary and secondary production of milk.

Key words: Hygiene; cleaning; CIP; OPC; milk; milk products.

ÍNDICE GERAL

1. INTRODUÇÃO.....	15
1.1. ALGUNS CONCEITOS.....	16
1.1.1. A Higiene	16
1.1.2. A sujidade	16
1.1.3. A limpeza	17
1.1.3.1. O Círculo de Sinner	18
1.1.5. A desinfecção	19
1.2. A ÁGUA	20
1.3. OS PROCEDIMENTOS DE LIMPEZA.....	22
1.3.1. Os tipos de Sujidade	24
1.3.2. Agentes de Limpeza	25
1.3.3. Detergentes	26
1.3.4. A Limpeza Química	27
1.3.4.1 Os compostos alcalinos.....	27
1.3.4.2. Os compostos ácidos	28
1.3.4.3. Os tensioactivos	30
1.3.4.4. Os agentes quelantes.....	32
1.3.5. A Limpeza Enzimática	32
1.4. OS DESINFECTANTES	33
1.4.1. Desinfecção	34
1.4.1.1. Os compostos halogenados	35
1.4.1.2. Os agentes oxidantes	36
1.4.1.3. Os tensioactivos	37
1.4.1.4. Os aldeídos.....	39
1.4.1.5. Os alcoóis.....	39
1.5. MÉTODOS E PROCEDIMENTOS GERAIS DE LIMPEZA	41
1.5.1. CIP.....	42
1.5.1.1. O problema dos Biofilmes.....	46
1.5.2. OPC	48
1.5.2.1. O perigo dos Aerossóis	51
1.6. CONTROLO DA EFICÁCIA DOS MÉTODOS DE LIMPEZA E DESINFECÇÃO.....	52
1.7. DESIGN HIGIÉNICO DAS INSTALAÇÕES E DOS EQUIPAMENTOS	54
1.7.1. A corrosão	55
2. O LEITE.....	57
2.1. ENQUANTO ALIMENTO	58
2.2. ELEMENTOS BIOLÓGICOS DO LEITE.....	60
2.3. A SUJIDADE PROVOCADA PELO LEITE	62
2.4. O SECTOR LEITEIRO EM PORTUGAL	64
2.5. OS LACTICÍNIOS.....	65
2.6. A IMPLEMENTAÇÃO DO HACCP E A MELHORIA DAS CONDIÇÕES DE HIGIENE NO SECTOR LEITEIRO	67
2.7. A PRODUÇÃO PRIMÁRIA.....	69
2.7.1. Fontes de contaminação do leite e o comprometimento da sua Higiene:	70
2.7.2. A Sala de ordenha e o equipamento de ordenha mecânica:	71
2.7.3. Os robots de ordenha e a ordenha automática:.....	73
2.7.4. Higiene dos tetos e controlo de mamites	74
2.7.5. Limpeza e desinfecção das instalações	76
2.7.6. Limpeza e desinfecção dos equipamentos	79
2.7.6.1. Circuito do leite	79
2.7.6.2. Tanque de recolha.....	82
2.7.6.3. Cisterna de transporte	84
2.8. A INDÚSTRIA.....	85
2.8.1. A recepção do leite	85
2.8.2. Tratamentos gerais do leite	86
2.8.2.1. Os tratamentos térmicos do leite	86
2.8.2.1.1. Termização	86
2.8.2.1.2. Pasteurização Baixa / Alta	87
2.8.2.1.3. Tratamento UHT	88
2.8.2.2. Outros processos tecnológicos.....	88
2.8.2.2.1. Centrifugação.....	88
2.8.2.2.2. Homogeneização	89

2.8.2.2.3. Filtração por membranas	90
2.8.3. <i>Limpeza de equipamentos</i>	92
2.8.3.1. Permutadores de calor	92
2.8.3.1.1.	93
2.8.3.1.2. Limpeza de pasteurizadores que operam entre 76°C - 100°C e processam leite cru, leite inteiro, total ou parcialmente desnatado, produtos fermentados, natas, entre outros	94
2.8.3.1.3. Limpeza de pasteurizadores que operam em temperaturas superiores a 100°C e processam leite UHT, leite achocolatado, produtos fermentados, natas, entre outros	95
2.8.3.1.4. Pontos a reter na limpeza de permutadores de calor	97
2.8.3.2. Centrífugas/clarificadores e homogeneizadores:	98
2.8.3.3. Equipamentos de armazenamento, tubagens e conexões respectivas	98
2.8.3.4. Tanques e silos	99
2.8.3.5. Membranas	100
2.8.4. <i>Limpeza de instalações industriais</i>	102
2.8.4.1. Limpeza de superfícies externas de CIP e outros equipamentos metálicos	102
2.8.4.2. Pavimentos	103
2.8.4.3. Paredes e tectos	103
2.9. OPTIMIZAÇÃO DOS PROCEDIMENTOS DE LIMPEZA	104
3. CONCLUSÃO	107
4. BIBLIOGRAFIA	109

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 – A deusa Hygeia	16
Figura 2 – Comportamento das moléculas de água	21
Figura 3 – Tensão superficial numa gota de água	21
Figura 4 - Ângulo de contacto entra a água e a superfície	22
Figura 5 – Comportamento dos tensioactivos na água	30
Figura 6 - Formação de micelas e emulsão da gordura	31
Figura 7 - Emulsão de um glóbulo de gordura	31
Figura 8 - <i>Layout</i> de uma unidade CIP	42
Figura 9 – <i>Spray Ball</i>	44
Figura 10 – Exemplo de um sistema OPC	48
Figura 11 – Métodos de monitorização da higiene de superfícies	52
Figura 12 – Implementação de Plano de Auto-Controlo no Sector Primário	68
Figura 13 – Sala de Ordenha	71
Figura 14 – Máquina de Ordenha Automática	73
Figura 15 - Exploração correctamente dimensionada	76
Figura 16 - Rodos para limpeza dos parques	78
Figura 17 - Tinta lavável nas majedouras	78
Figura 18 – Mesa das tetinas	80
Figura 19 - Vaso pulmão do sistema CIP	80
Figura 20 – Equipamento limpeza interior do tanque	82
Figura 21 - Tanque limpo manualmente	82
Figura 22 – Permutador de placas	87
Figura 23 – Permutador tubular	87
Figura 24 - Centrifugador/Clarificador	89
Figura 25 – Sistema de filtração por membranas	90
Figura 26 – Valências de cada uma das tecnologias de filtração	91
Figura 27 – Aplicação de espumas com elevado tempo de contacto	103

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 – Diferentes tipos de sujidade orgânica e inorgânica	24
Tabela 2 – Sujidade vs Produto de Limpeza	26
Tabela 3 – Tipos de tensioactivos e as suas acções	30
Tabela 4 – Características dos compostos clorados	35
Tabela 5 – Características dos iodóforos	36
Tabela 6 - Características do ácido peracético	37
Tabela 7 – Características dos QACs	38
Tabela 8 – Características dos tensioactivos anfotéricos	39
Tabela 9 – Características dos aldeídos	39
Tabela 10 – características dos alcoóis	40
Tabela 11 – Características dos Desinfetantes mais utilizados	41
Tabela 12 - Vantagens do Sistema CIP	46
Tabela 13 – Variações na composição do leite de acordo com a espécie Manual Tetra	58

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – As 4 variáveis da Limpeza (Original)	18
--	----

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS UTILIZADAS

ADN – Ácido Desoxirribonucleico

AESBUC – Associação para a Escola Superior de Biotecnologia da Universidade Católica

ANIL – Associação Nacional dos Industriais dos Lacticínios

ATP – Adenosina Trifosfato

BPP – Boas Práticas de Produção

CIP – Cleaning in Place

CMC – Concentração Micelar Crítica

EAAP – European Association for Animal Production

EDTA - Ácido Etilenodiamino Tetra-Acético

FENIL – Federation Nacional Industrias Lacteas

HACCP – Hazard Analysis and Critical Control Point

IDF/FAO – International Dairy Federation/ Food and Agriculture Organization

INE – Instituto Nacional de Estatística

NAD – Nicotinamida Adenina Dinucleotídeo

OPC – Open Plant Cleaning

QACs – Amónios Quaternários

SNIRA – Sistema Nacional de Identificação e Registo de Animais

SNIRB – Sistema Nacional de Identificação e Registo de Bovinos

UHT – Ultra High Temperature

DESCRIÇÃO DAS ACTIVIDADES DESENVOLVIDAS

Durante os 6 meses de estágio na *JohnsonDiversey* Portugal, tivemos oportunidade de realizar diversas tarefas e funções, relacionadas como o normal funcionamento da empresa, bem como de visitar diferentes empresas pertencentes a diversos sectores de actividade.

A divisão de *Food and Beverage* da *JohnsonDiversey* foi o local onde desenvolvemos grande parte do nosso trabalho, acompanhando o nosso orientador, bem como outros profissionais da área, nas suas actividades diárias. Com alguma frequência foram realizadas diversas acções de *marketing*, tendo auxiliado no acompanhamento de clientes, nomeadamente através da resolução de alguns problemas por estes apresentados e aconselhamento relativamente a diversas questões e solicitações. Foi realizado um manual sobre higienização das empresas que produzem ou operam com leite, como o intuito da sua posterior reprodução e distribuição.

Pontualmente foram visitados alguns clientes. As instalações da “Nestlé” em Avanca constituíram um dos locais, de entre os diversos clientes onde permanecemos durante um maior período de tempo, tendo acompanhado com bastante pormenor e minúcia as acções de higienização das linhas de produção de cereais lácteos e não lácteos, café solúvel e nata pasteurizada. O estudo e melhoramento dos sistemas de CIP e OPC presentes, definição de variáveis de limpeza, validação dos procedimentos de higienização e por fim a optimização dos mesmos constituíram grande parte das tarefas que acompanhámos e em que participámos.

Ainda no que diz respeito às deslocações que efectuámos, tive também a oportunidade de conhecer outros importantes clientes como a “Refrige” em Palmela e a “Compal” em Almeirim. Estas duas empresas tiveram importância na nossa formação, não só pela sua dimensão e número de trabalhadores mas especialmente pelo tipo de produtos que fabricam dentro da área alimentar, já que constituem um tipo de indústrias sobre as quais a nossa formação, sendo escassa, saiu reforçada. Pontualmente foram também visitadas algumas empresas de pequena dimensão, nomeadamente queijarias e matadouros.

Relativamente à produção primária de leite, deslocámo-nos por várias vezes ao norte do país onde foram realizadas diferentes actividades. Visitas a produtores com o intuito comercial de dar a conhecer os produtos da empresa, aconselhamento técnico e por vezes veterinário, resolução de alguns problemas relacionados com a higiene da exploração e do leite foram alguns dos desafios que nos foram propostos. Esta experiência junto dos produtores permitiu-nos conhecer de forma mais profunda e real a situação do sector leiteiro português, percebendo assim a dificuldades que atravessa actualmente. A maioria das

explorações por nós visitadas pertencia à Cooperativa, localizadas predominantemente na zona de Barcelos.

Este período de estágio permitiu-nos conhecer melhor a área empresarial, que até aqui desconhecíamos, adquirir conhecimentos muito distintos e de grande polivalência na área comercial, do marketing e dos conhecimentos técnicos propriamente ditos, proporcionando uma experiência profissional e de vida enriquecedora, quer pelo lado humano, quer pela qualidade dos contactos estabelecidos.

1. Introdução

1.1. Alguns Conceitos

1.1.1. A Higiene

O conceito de Higiene é, ao contrário do que se possa imaginar, um conceito antigo e possui uma curiosa história. Na mitologia grega, segundo Lelieveld, Mostert & Holah (2005), o deus *Asclepius*, filho de *Apolo*, era considerado o deus da Medicina.

De entre os seus filhos, destacou-se sua filha *Hygeia* (Figura 1) que, pelo seu modo de pensar, bem como com as ideias que desenvolveu, acabou por se tornar a deusa da cura e da influência que a limpeza tem sobre a cura. Foi ela quem advogou que os doentes deveriam ser lavados com água e sabão para, assim, se promover a sua cura. Por tudo o que fez e pelo conceito que introduziu, o seu nome acabou por sobreviver ao longo dos tempos através da palavra Higiene.

A deusa *Hygeia* definiu o conceito de Higiene como “a cura através da limpeza” ou “a ciência da preservação e promoção do bem-estar”. Ou, como é entendido na

actualidade, de um modo mais concreto e aplicado às ciências alimentares, a higiene dos alimentos representa muito mais do que a limpeza dos mesmos, envolvendo todas as medidas necessárias para garantir a segurança e salubridade dos alimentos durante a sua preparação, processamento, produção, armazenamento, distribuição, manuseamento e venda ou apresentação ao consumidor (Sprenger, 2005).

Desta forma, a Higiene compreende desta forma todos os meios necessários para produzir alimentos seguros e saudáveis.

Figura 1 – A deusa Hygeia



1.1.2. A sujidade

O termo sujidade pode ser definido de modo muito simples, segundo Kulkarni, Maxcy & Arnold (1974) como “matéria fora do sítio”. Podendo parecer aparentemente uma perspectiva demasiado redutora, talvez seja de facto o que a sujidade representa afinal. Tome-se como exemplo um copo contendo leite. Anteriormente a alguém o beber, o leite representa apenas um líquido que pode ser consumido; após alguém o beber, a pequena quantidade de leite que permanece no copo, é considerada sujidade. Isto porque está “fora do sítio”. Se este resto de leite voltasse para dentro do pacote de onde proveio, seria apenas leite. Todavia, como se encontra no fundo do copo que se encontra agora “sujo” (isto é, apresentando resíduos de leite) é considerado como sendo sujidade.

Para a indústria alimentar, sujidade é qualquer matéria considerada indesejada num determinado local, ou em determinado ponto de um processo, independentemente da sua origem. Um resíduo de um químico, de um detergente, ou até mesmo a água pode representar sujidade, caso seja indesejável a sua presença em dado momento ou local.

1.1.3. A limpeza

Este conceito parece ter, à partida, uma definição fácil. A limpeza das superfícies e utensílios pode simplesmente ser definida como a remoção tão completa quanto possível dos resíduos que se depositam durante o processo de produção ou fabrico (Sprenger, 2005) da forma mais completa possível (Wildbrett, 2006), tendo em conta as dificuldades inerentes a esta remoção e ao resultado final. Este nem sempre será o ideal, mas sim o possível. Quando se refere que uma superfície está limpa ou um equipamento está limpo, o que realmente é afirmado é que a superfície está “relativamente limpa”. A obtenção de uma superfície ou equipamento completamente livre de resíduos de sujidade parece um objectivo utópico e não prático, pois geralmente não se verifica em toda a sua extensão (Kulkarni *et al.*, 1974).

A limpeza é, por isso, um processo dinâmico em que ocorrem várias reacções químicas de forma simultânea, condicionadas ou melhoradas pelas condições do ambiente em que o processo ocorre (ex. temperatura). Assim, a limpeza pode ser definida como a remoção da sujidade de determinada superfície, sem que esta se altere ou danifique. Ao remover a sujidade das superfícies que estão sujas, promove-se, por um lado, a higiene das mesmas e, por outro, a sua conservação ao impedir a acção corrosiva que alguns tipos de sujidade têm a capacidade de induzir. Todavia, existem outros objectivos associados a este procedimento. Wildbrett (2006) definiu como objectivos da limpeza:

1. Cumprir exigências estéticas
2. Restabelecer o normal funcionamento das instalações e dos utensílios após o fim da actividade produtiva.
3. Prolongar a vida útil das instalações e utensílios
4. Assegurar a qualidade óptima dos alimentos face às influências químicas.

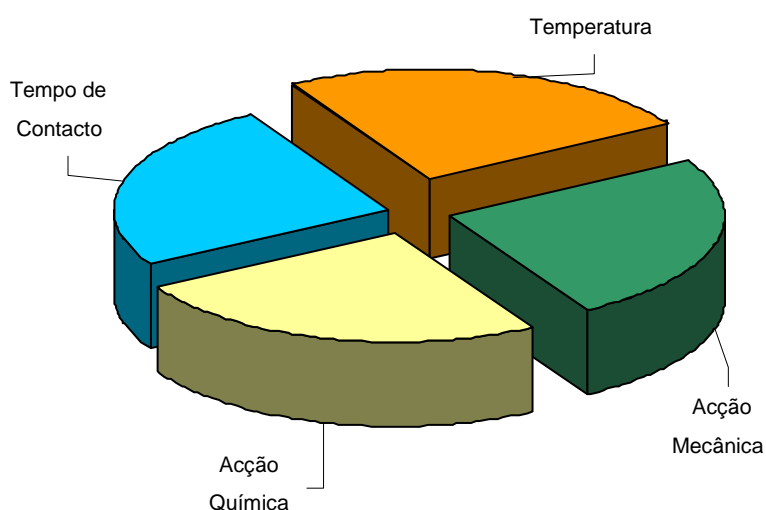
De forma ideal, uma limpeza poderá ser considerada exemplar quando a condição e estado de conservação da superfície após remoção da sujidade se mantém inalterados, tendo-se cumprido todos os requisitos de limpeza previamente estabelecidos.

Contudo, apesar das dificuldades que a limpeza pode apresentar, a necessidade da mesma é inegável, em especial no sector da alimentação. Uma higienização correcta e adequada é indiscutivelmente fundamental para a qualidade e segurança dos alimentos, já que contribui decisivamente para a ausência de contaminantes, para a qualidade organoléptica, qualidade microbiológica e, em especial, para a preservação da saúde do consumidor.

1.1.3.1. O Círculo de Sinner

Diferentes variáveis podem influenciar o processo de limpeza, sendo as condições em que este ocorre decisivas para o resultado final. A água utilizada, a sua temperatura, o tipo de detergente e a sua quantidade, são apenas alguns exemplos de condicionantes da limpeza. A influência que o operador pode adquirir neste processo pode, também ela, ser de elevada relevância, já que uma melhor ou pior execução dos procedimentos de limpeza irá conduzir a resultados diferentes. O método de limpeza escolhido, bem como os instrumentos e equipamentos utilizados são outros factores que podem influenciar todo o procedimento de higienização. Uma escolha desadequada, ou a utilização de equipamentos que se encontram danificados podem comprometer a limpeza.

Gráfico 1 – As 4 variáveis da Limpeza (Original)



Deste modo, torna-se claro que diferentes variáveis influem no processo de limpeza. Porém, são 4 as que assumem um papel mais decisivo (Gráfico 1): acção mecânica, acção química, temperatura e tempo de contacto entre a solução de limpeza e a sujidade (Lelieveld, Mostert & Holah (2005).

Da sua combinação simultânea surge o resultado final: a remoção da sujidade. Deve, contudo, ter-se a noção de que em função da situação da qual se está em presença, uma ou outra variável poderá adquirir maior importância relativamente às demais. Este facto pode ocorrer não só pelo tipo de sujidade, bem como, por vezes, pela impossibilidade de utilizar o método ideal para a situação em causa, até mesmo pelos custos associados a alguma das variáveis. Por isso, torna-se necessário conjugar, dentro de limites considerados aceitáveis, a flexibilidade existente entre as diferentes variáveis, pelo que, em conformidade com a análise de cada caso, pode ser necessário ou mais adequado privilegiar uma variável em detrimento de outra ou vice-versa.

Considere-se por exemplo a lavagem manual de loiça. Se não se pretender esfregá-la (redução da acção mecânica), pode-se alternativamente deixá-la em imersão algumas horas (aumentar o tempo de contacto), o que permitirá diminuir a necessidade de esfregar. Por outro lado, pode optar-se por reduzir a quantidade de detergente utilizado (redução da

acção química) e aumentar a temperatura da água, obtendo-se resultados semelhantes. Do mesmo modo, pode aumentar-se a quantidade de detergente e reduzir a temperatura sem que a eficácia da lavagem fique comprometida.

A energia química é caracterizada, por exemplo, pelas reacções de emulsão que ocorrem devido à presença de tensioactivos, entre muitas outras que ocorrem. A energia mecânica é representada pela acção de esfregar ou escovar, na limpeza manual, ou pela pressão e turbulência do fluxo nos sistemas *Cleaning in Place* (CIP). A temperatura pode, por si só, acelerar as reacções químicas de limpeza através do aumento da energia disponível ou, pelo contrário, retardá-las e aumentar o tempo necessário para a limpeza caso seja demasiado baixa. Por fim, o tempo de contacto entre os agentes higienizantes e a sujidade é decisivo para que as reacções ocorram. No entanto, nem sempre um maior tempo de contacto será mais vantajoso, já que poderá aumentar os custos do procedimento sem que resulte em melhoria objectiva da limpeza.

Para além das variáveis anteriormente referidas, três outras poderão influenciar bastante a eficácia da limpeza: o objecto/superfície a limpar e o tipo e a quantidade de sujidade.

De um modo geral, as instalações da indústria alimentar são projectadas com o objectivo de promover a funcionalidade operacional mas a facilidade com que é efectuada a limpeza deverá representar também uma preocupação. As instalações devem ser projectadas de modo a poderem ser correctamente limpas na sua totalidade e, caso seja necessário, também desinfectadas. Assim sendo, as instalações devem ter, quando possível, um *design* higiénico.

No que diz respeito à sujidade, deve ser considerada a sua composição, a quantidade presente e o estado em que se encontra, para que se proceda a uma melhor adequação dos produtos e métodos a empregar, melhorando a eficácia da limpeza e reduzindo o desperdício.

1.1.5. A desinfecção

A limpeza das superfícies pode ser seguida, se necessário, de desinfecção, que terá como função eliminar os microrganismos que conseguiram resistir até este ponto do processo e que poderão constituir um problema para o consumidor ou para o processo tecnológico em si. A desinfecção pode, assim, ser definida como adequada eliminação de determinados microrganismos mediante actuação na sua estrutura ou metabolismo (Wildbrett, 2006) ou, de um modo mais geral, como o procedimento pelo qual são tomadas medidas para controlar ou eliminar agentes infecciosos por exposição directa a agentes químicos ou físicos. Apesar de implícitos na definição, Wildbrett (2006) definiu assim os objectivos da desinfecção:

1. Proteger a saúde do consumidor

2. Assegurar a máxima qualidade possível dos alimentos em relação às influências microbiológicas.

A desinfecção pode não inactivar todos os microrganismos, mas deve reduzi-los a um nível que não envolva perigo para a saúde humana, nem para a qualidade dos alimentos perecíveis” (Sprenger, 2005).

De acordo com Lelieveld, Mostert & Holah (2005), uma limpeza eficaz elimina cerca de 90-95% dos microrganismos. Por outro lado, a desinfecção apenas reduz o número de microrganismos restantes. Este facto significa que na ausência de uma limpeza *a priori* a desinfecção não tem utilidade. A presença da sujidade tende a inactivar a acção dos agentes desinfectantes e serve de substrato à sobrevivência dos microrganismos.

1.2. A água

A água representa, na indústria alimentar, não apenas um dos “ingredientes” utilizados em muitos dos alimentos preparados mas também um veículo de energia térmica que permite elevar ou baixar a temperatura dos alimentos, para além de constituir o solvente mais utilizado em todas as limpezas efectuadas na indústria, representando cerca de 95 a 98% do volume das soluções de limpeza preparadas (Leveau & Bouix, 2002). A água tem, então, extrema importância, sendo até mesmo decisiva quando contacta ou é incorporada nos alimentos, pelo que a composição e a qualidade da água são preocupações constantes da indústria alimentar.

No que diz respeito à sua composição, uma das principais preocupações é a presença de sais inorgânicos em excesso (principalmente sais de cálcio e de magnésio), que determinam a dureza da água (American Ground Water Trust, 2003). Uma água dura reduz a eficácia dos detergentes e desinfectantes em solução, especialmente no caso dos amónios quaternários e tensioactivos anfotéricos. Sabe-se ainda que os detergentes têm uma melhor acção em águas de menor dureza, comparativamente às águas mais duras. O tratamento da água deve ser considerado caso a sua dureza seja desadequada ao processo onde vai ser utilizada (Wildbrett, 2006).

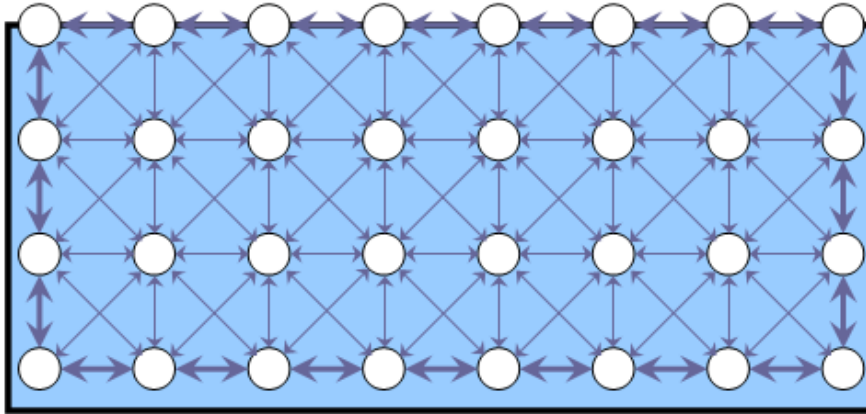
A dureza da água coloca um problema concreto e que poderá ter graves consequências produtivas e repercussões económicas consideráveis. A formação de depósitos e incrustações inorgânicas provenientes dos minerais presentes na água afectam tubagens e superfícies variadas. A sua deposição compromete o funcionamento dos equipamentos e os normais fluxos de água nas tubagens, podendo conduzir a avarias e problemas de funcionamento. O uso de sequestrantes ou o tratamento prévio pode reduzir a ocorrência deste tipo de problemas e melhorar a limpeza. O uso periódico de compostos ácidos poderá, de igual modo, constituir uma opção.

A água possui outras características próprias, para além da sua composição mineral, nomeadamente a tensão superficial (Figura 2).

As moléculas de água estabelecem ligações intermoleculares entre si, em toda a extensão que o líquido ocupa. Contudo, na superfície do líquido que contacta com o ar não existe a

mesma possibilidade de

Figura 2 – Comportamento das moléculas de água (Original)



estabelecimento das
normais ligações
intermoleculares.

Assim sendo, nesta
zona as moléculas de
água estabelecem
ligações mais fortes
entre si, tal como
acontece nas zonas

onde o líquido contacta com o seu contentor (ligações representadas pelas setas mais grossas na Figura 2). Este fenómeno faz com que se torne mais difícil mover um objecto na superfície do líquido (fronteira entre o ar e a água), comparativamente a um objecto que esteja submerso. A esta força que se estabelece entre as moléculas de água chama-se tensão superficial. Esta energia suplementar é também responsável por muitos fenómenos característicos da água, como por exemplo a formação das gotas. Quando a água é derramada, as moléculas em contacto com o ar tendem a associar-se mais fortemente entre si, conferindo a típica forma de gota (Figura 3).

A tensão superficial é responsável pelo comportamento que a água adquire quando está em contacto com um corpo como ocorre no contacto entre a água e a superfície a limpar. Desta forma, podem ocorrer duas hipóteses. De acordo com a primeira hipótese, quando a tensão superficial da

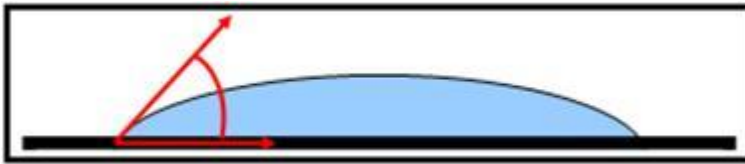
água (cerca de 73 mN/m^2) é superior à tensão superficial do corpo com o qual está em contacto, as moléculas de água mantêm a sua coesão de tal modo que a água acaba por não molhar convenientemente a superfície com a qual está em contacto. São exemplo alguns tipos de plástico com baixa tensão superficial (cerca de 30 mN/m^2) perante os quais as moléculas de água tendem a manter-se o mais próximo possível. Porém a capacidade que a água possui de molhar uma superfície é dada também pelo ângulo formado entre a

Figura 3 – Tensão superficial numa gota de água



superfície de contacto e a gota de água presente (Figura 4). Quando este valor é superior a

Figura 4 - Ângulo de contacto entra a água e a superfície (Original)



90°, considera-se que a água não molha convenientemente a superfície em questão, ou seja, que a tensão superficial da superfície é menor que a da água. Se pelo contrário isto não

acontece e, de acordo com a segunda hipótese, este ângulo é menor que 90° considera-se que a água tem a capacidade de molhar esta superfície (Wildbrett, 2006). Assim, a superfície de contacto influencia directamente a capacidade molhante da água.

Sendo o solvente mais utilizado na limpeza, será desejável que a água molhe quanto possível a superfície com a qual contacta a fim de penetrar de um modo mais eficaz nas pequenas frestas e outros relevos existentes na superfície a limpar. Para que isto aconteça correctamente é necessário que, na maioria das vezes, a tensão superficial da água seja mais baixa que aquela que possui quando está no seu estado puro. Em caso contrário muitas superfícies não seriam correctamente molhadas. Para que esta situação não ocorra é necessário que sejam adicionados à água compostos capazes de alterar a sua tensão superficial. Este grupo de compostos, os tensioactivos, têm a capacidade de diminuir a tensão superficial da água e, como tal, melhorar a sua capacidade molhante. A tensão superficial influencia, então, a capacidade de limpeza da água. Este assunto será abordado em maior detalhe, posteriormente.

1.3. Os procedimentos de Limpeza

A limpeza representa, como já foi referido anteriormente, um dos principais processos que contribuem para uma correcta higienização. É um processo variável em função dos diferentes objectivos e alvos da limpeza, bem como dos produtos de limpeza utilizados e, pode por isso, variar no número de operações a realizar. Ainda assim, segundo Johns (2000), consideram-se 5 etapas básicas na sua limpeza:

1. Preparação ou pré-limpeza
2. Operação de limpeza
3. Enxaguamento
4. Desinfecção
5. Secagem ou etapa final

A importância de cada uma das fases varia para que ocorra uma melhor adequação ao objectivo e possam até mesmo ser realizadas em simultâneo.

A preparação contempla todas as tarefas necessárias para colocar os equipamentos e superfícies aptos a serem limpos (ex. desmontagem de equipamentos), bem como a

remoção de sujidades soltas de maiores dimensões (ex. pedaços de carnes numa sala de desmancha).

A operação de limpeza incluiu a lavagem propriamente dita, recorrendo à água e a um detergente. A temperatura da água, bem como o tipo e características do detergente são aspectos a ter em conta, como se verá posteriormente em maior pormenor.

O enxaguamento pressupõe a utilização de água para a remoção dos resíduos deixados pelo passo anterior.

A desinfecção representa a etapa em que os microrganismos ainda presentes após a lavagem são inactivados ou reduzidos a níveis considerados aceitáveis. Após a desinfecção é necessário um enxaguamento adicional para eliminar os resíduos de desinfectante, ao que se segue a etapa final de secagem.

A secagem pretende remover a água e humidade que permanecem nos equipamentos e por vezes nas instalações, com o objectivo de impedir tanto quanto possível a recontaminação e a multiplicação bacteriana, bem como a adesão de partículas (CRITT HYGINOV, 2001).

Porém, a desinfecção pode não ser uma etapa necessária já que nem sempre a presença de microrganismos constitui um problema. Nos casos em que a desinfecção não é necessária pode resumir-se o processo de limpeza aos 3 passos iniciais. Frequentemente, a limpeza e a desinfecção são também elas efectuadas apenas por um produto, e como tal, em um só passo.

Ainda assim, devemos ter presente que muitas vezes será necessário um enxaguamento adicional após a desinfecção e que frequentemente a limpeza e a desinfecção são efectuadas por apenas um produto e, como tal, apenas num passo.

1.3.1. Os tipos de Sujidade

Diferentes tipos de sujidade apresentam diferentes bases químicas. Conhecer o tipo de sujidade é, por isso, de extrema importância para a eficácia da limpeza, pois vai determinar a escolha do método e do produto de limpeza a usar.

Por outro lado, a superfície pode ter uma influência determinante no sucesso da higienização, bem como na selecção do método e do produto de limpeza. A temperatura da água e das soluções de limpeza tem igualmente grande capacidade de influenciar as propriedades físicas da sujidade e a sua aderência às superfícies e, como tal, representa um factor a considerar no planeamento da limpeza.

Apenas muito raramente a sujidade é singular, ou seja, constituída por um só tipo de constituinte, estando-se na generalidade dos casos perante mistura de vários componentes. No que diz respeito à composição específica da sujidade, com origem na indústria alimentar, esta pode ser classificada em três grupos principais: inorgânica, orgânica e combinada (Tabela 1).

Tabela 1 – Diferentes tipos de sujidade inorgânica e orgânica (Original)

Sujidade	Tipo de sujidade	Exemplos
Inorgânica	Resíduos de água dura	Cálcio e Magnésio
	Resíduos Metálicos	Ferrugem e outros óxidos
	Resíduos provenientes do processamento dos alimentos	Pedra da batata, Pedra do leite, Pedra da cerveja
Orgânica	Resíduos de alimentos	Restos de alimentos: gordura animal, óleos vegetais, proteína, hidratos de carbono
	Matéria viva	Bactérias, vírus, leveduras e bolores
	Resíduos de petróleo	Óleos lubrificantes, gorduras e outros lubrificantes

A sujidade inorgânica é constituída em geral pelos sais que conferem dureza à água (calcário), pela oxidação dos metais (ferrugem) e pelos minerais que compõem os diferentes alimentos.

A sujidade orgânica provém, por outro lado e na sua maioria, de matéria orgânica viva e baseada em carbono. Inclui por exemplo, as gorduras, os óleos, os açúcares e as proteínas, entre outros. Os microrganismos estão também incluídos neste grupo.

A sujidade combinada, por sua vez, é composta por uma combinação das duas anteriores e é a mais comum, representando quase sempre um grande desafio de limpeza.

Por tudo isto, a caracterização da sujidade é decisiva para a definição do melhor modo de actuação, a fim de obter uma limpeza que seja a melhor possível. Deste modo, e apesar de toda a importância que a água adquire na limpeza será sempre necessário recorrer a outras substâncias ou produtos para que a limpeza seja eficaz.

1.3.2. Agentes de Limpeza

Verificadas as características da sujidade e da superfície em presença, procede-se à escolha do produto de limpeza a utilizar. Estes apresentam-se de várias formas, seja na forma de substância simples, como o hidróxido de sódio (soda) ou o ácido nítrico, ou na forma de preparação mista elaborada por um fabricante. Neste último caso, vários componentes podem ser adicionados a uma substância activa base (como o ácido nítrico), entre os quais tensioactivos, sequestrantes da dureza da água e até mesmo substâncias anticorrosivas.

A sujidade pode apresentar maior solubilidade em água, em compostos ácidos, em compostos alcalinos, numa solução de tensioactivos ou até mesmo ser insolúvel em todas as anteriormente mencionadas, o que permite agrupá-la em função da solubilidade preferencial num ou noutro tipo de produto.

As características que um agente de limpeza pode conter são várias. Wildbrett (2006) realça algumas das características gerais mais relevantes de um produto de limpeza, entre as quais se destacam:

- ⇒ Alta eficácia
- ⇒ Compatibilidade com os materiais com os quais vão contactar.
- ⇒ Fácil doseamento
- ⇒ Boa solubilidade
- ⇒ Formação de espuma adequada ao objectivo pretendido (maior ou menor formação de espuma)
- ⇒ Fácil remoção pelo enxaguamento
- ⇒ Menor contaminação possível das águas residuais
- ⇒ Seguro para o utilizador

A Tabela 2 enquadra, de forma sucinta, os tipos de sujidade e os tipos de produtos de limpeza mais utilizados.

Tabela 2 – Os tipos mais frequentes de sujidades e os respectivos produtos de limpeza (Original)

Composição da sujidade	Produto de limpeza		
	Família	Exemplo	Características principais
Açúcares Solúveis	Alcalinos	NaOH	Solubilizante, Saponificante
Outros Hidratos de Carbono	Alcalinos	NaOH	Hidrolisante
	Produtos Enzimáticos	Amilases	Hidrolisante, Desagregante
Proteínas	Alcalinos	NaOH	Solubilizante
	Produtos Enzimáticos	Proteases	Hidrolisante, Desagregante
Gorduras	Tensio-activos	Aniónicos Catiónicos Não iónicos	Emulsionante, Molhante
	Produtos enzimáticos	Lipases	Hidrolisante, Desagregante
Minerais	Ácidos	Nítrico, Fosfórico	Solubilizante
	Quelantes (sequestrantes)	EDTA, Polifosfatos, Gluconato	Sequestrante

1.3.3. Detergentes

Definem-se como produtos químicos que quando adicionados à água aumentam o seu poder de penetração e remoção da sujidade e impedem a re-deposição da sujidade (Associação para a Escola Superior de Biotecnologia da Universidade Católica [AESBUC], 2003) pois mantêm-na em suspensão na solução de limpeza.

Um detergente é, por isso, um produto de limpeza que é adicionado à água a fim de preparar uma solução aquosa capaz de melhorar as características naturais de solvência da água e o seu efeito molhante. Geralmente os detergentes possuem ainda alguma acção anti-microbiana.

Ainda que variáveis com a formulação, existem diversas características que podem definir um detergente, podendo o detergente ideal ser caracterizado do seguinte modo (Gava, 1984):

1. **Acção emulsionante:** caracteriza-se pela capacidade de quebrar os glóbulos de gordura em partículas mais pequenas, através da acção dos tensioactivos que

permitem uma ligação entre as moléculas de água e de gordura, que de outro modo praticamente não ocorreria.

2. Boa capacidade molhante e de penetração: conseguida através da acção dos tensioactivos que, diminuindo a tensão superficial criada entre as moléculas de água que se apresentam em contacto com a superfície ou equipamento a limpar, aumentam o contacto e melhoram a penetração da água, especialmente em locais mais difíceis, como por exemplo a aresta de um pavimento.

3. Acção dispersante ou de suspensão: responsável por manter a sujidade em suspensão na solução de limpeza, impedindo a redeposição.

4. Acção quelante/sequestrante: capacidade de se ligar aos iões presentes na água ou na sujidade a limpar e que são responsáveis pela dureza da água ou por deposições nas superfícies e equipamentos. Nem sempre os detergentes apresentam este tipo de acção.

1.3.4. A Limpeza Química

A eleição do produto de limpeza/detergente deve ser efectuada tendo em conta a natureza da sujidade e o seu estado. Os factores económicos têm também um grande peso nesta decisão (CRITT HYGINOV, 2001). Para que o produto escolhido seja o mais adequado ao tipo de sujidade deve conhecer-se a sua composição, bem como o método de limpeza.

Ainda que a composição de um produto de limpeza/detergente possa variar bastante, os seus principais componentes são (Johns, 2000):

- ⇒ Compostos Alcalinos
- ⇒ Compostos Ácidos
- ⇒ Tensioactivos ou Surfactantes
 - ⇒ Aniónicos
 - ⇒ Catiónicos
 - ⇒ Não-Iónicos
 - ⇒ Anfotéricos
- ⇒ Agentes Quelantes
- ⇒ Inibidores da corrosão

Da combinação destes vários componentes surgem produtos com diferentes capacidades de limpeza e, especialmente, com diferentes aplicações preferenciais.

1.3.4.1 Os compostos alcalinos são utilizados em larga escala como base para a formulação de muitos dos detergentes usados na indústria alimentar. Devido ao seu pH alto (básico), conferem aos detergentes que os incorporam uma elevada alcalinidade. A sua principal apetência prende-se com a capacidade de remover sujidades orgânicas,

nomeadamente gorduras e proteínas. Combinando-se com as gorduras, ocorre uma reacção de saponificação e de solubilização, permitindo que as gorduras sejam desta forma arrastadas pela solução detergente (Leveau & Bouix, 2002). Por seu lado, quando as proteínas contactam com uma solução de pH alcalino sofrem uma alteração na sua carga eléctrica já que o pH se desvia do seu ponto isoeléctrico. Deste modo, a proteína adquire uma carga livre negativa, tornando-se solúvel na solução alcalina (Wildbrett, 2006). Os compostos alcalinos têm ainda a capacidade de promover a peptização das proteínas (Gava, 1984). Quando estes produtos possuem um pH muito alto adquirem ainda actividade bactericida, tendo por isso algum efeito desinfectante no processo de limpeza.

Vários compostos alcalinos são usados na preparação de detergentes. Salientam-se o Hidróxido de Sódio (NaOH) e os Silicatos (Si_xO_y) (AESBUC, 2003). Apresentando diferentes alcalinidades, os diferentes compostos adequam-se a diferentes aplicações, desde o seu uso em circuito fechado (CIP) até à limpeza manual. O Hidróxido de Sódio representa o composto alcalino mais utilizado e com maior importância, não apenas pela sua grande capacidade de limpeza, como pelo número de produtos comerciais que incorpora e de diferentes aplicações como os sistemas de CIP ou até mesmo a lavagem de garrafas. É um grande fornecedor de iões OH^- e desta forma é usado em preparações com elevada causticidade. Os Silicatos, como o metassilicato de sódio, o ortossilicato de sódio e sesquissilato de sódio, são usados também em preparações de elevada alcalinidade mas são indicados para metais com ligas mais leves e menos resistentes à acção do pH alto. O Carbonato e Bicarbonato de Sódio são exemplos de agentes alcalinos fracos (Gava, 1984), que podem ser usados em limpeza manual.

1.3.4.2. Os compostos ácidos, ao contrário dos alcalinos, não estão indicados na limpeza de sujidades orgânicas, mas sim de resíduos inorgânicos, muito frequentes na indústria alimentar, como são exemplo o depósito de “calcário”, a “pedra da cerveja” ou até mesmo a “pedra do leite”. O “calcário” acumula-se especialmente quando as águas usadas têm elevada dureza. A sujidade inorgânica inclui também os resíduos queimados que se formam nas superfícies quando a temperatura das mesmas é elevada e queima a matéria orgânica. Os compostos ácidos são também os indicados para a sua remoção. O mecanismo de remoção da matéria inorgânica pelos ácidos baseia-se na combinação com os minerais depositados nas superfícies, promovendo a sua solubilização através da formação de sais. Desta forma os iões ficam em solução, libertando-se da superfície. Também neste caso existem ácidos que originam detergentes com pH diferente e consequentemente maior ou menor concentração de hidrogénios. Os ácidos mais fortes, do qual é exemplo o Ácido Fosfórico, possuem uma grande capacidade de remover a sujidade incrustada nas superfícies e de dissolução dos minerais. Contudo, são bastante corrosivos para as

superfícies e tornam-se incompatíveis com algumas ligas mais brandas, são mais perigosos de manipular e originam vapores irritantes. Os ácidos mais fracos, dos quais é exemplo o Ácido Acético, são compostos com menor poder desincrustante mas são mais fáceis de incorporar nos detergentes, pois não apresentam tantos riscos para o operador e permitem a sua utilização em aplicações manuais. O seu preço, é apesar de tudo, mais elevado.

A utilização dos detergentes ácidos, não tem um carácter tão geral como a dos alcalinos, mas sim mais específico e de uso menos frequente.

Os compostos ácidos mais utilizados podem ser divididos em dois grupos distintos: os Ácidos Inorgânicos, que são representados pelos Ácidos Nítrico, Fosfórico e Sulfúrico (ácidos muito fortes), e os Ácidos Orgânicos, representados pelos Ácidos Acético, Peracético e Cítrico (ácidos fracos).

O Ácido Nítrico é utilizado principalmente na remoção do “calcário” e tem propriedades biocidas quando usado puro. Tem também capacidade de hidrolisar proteínas e é usado na passivação do inox (Leveau & Bouix, 2002). A passivação cria uma camada de óxido de crómio que previne a perda do ferro presente no inox, aumentando a durabilidade dos equipamentos. O Ácido Fosfórico é também amplamente utilizado na limpeza apesar de ser menos agressivo que o Ácido Nítrico. No que respeita os Ácidos Acético e Peracético, ambos possuem capacidades desinfectantes além do poder de limpeza, sendo que este último, obtido a partir da combinação do Ácido Acético e do Peróxido de Hidrogénio, apresenta maior capacidade desinfectante. Têm ainda capacidade branqueante quando adicionados a soluções alcalinas. Apesar de tudo, são incapazes de remover as incrustações inorgânicas quando usados nas mesmas concentrações dos ácidos inorgânicos.

1.3.4.3. Os tensoactivos (Figura 5) representam possivelmente as moléculas mais utilizadas no fabrico de detergentes. São responsáveis por várias acções, entre as quais emulsão da sujidade e especialmente das gorduras, aumento da capacidade molhante da água, manutenção da sujidade em suspensão (propriedades dispersantes), formação de espuma e até mesmo pelos efeitos anti-espumantes de alguns detergentes. Estes compostos têm a capacidade de alterar a tensão superficial em interfaces líquido-líquido, líquido-gás e líquido-sólido. A molécula apresenta um grupo hidrofílico ou lipofóbico e um grupo hidrofóbico ou lipofílico, tornando-a capaz de reduzir a tensão superficial.

São classificados em quatro famílias diferentes: aniónicos, catiónicos, não iónicos e anfotéricos e apresentam características distintas (Johns, 2000). A

Tabela 3 resume as suas características mais importantes.

Figura 5 – Comportamento dos tensoactivos na água (Original)

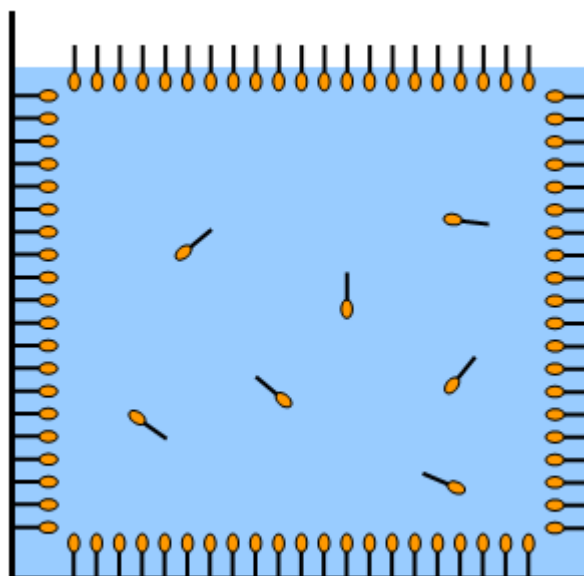


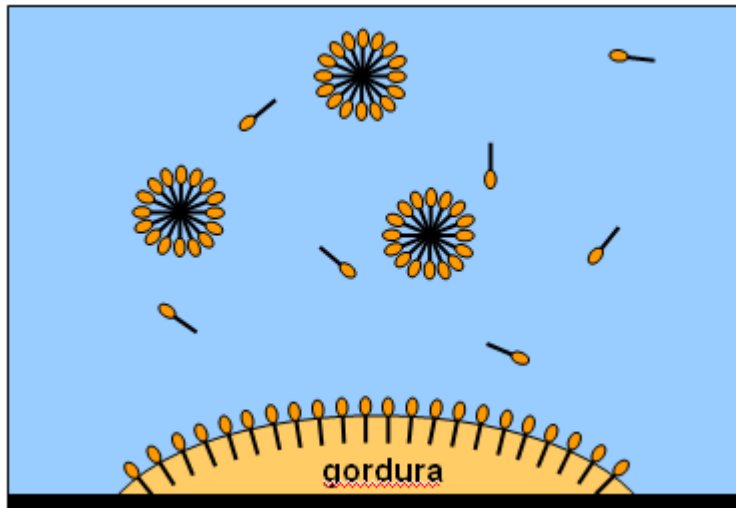
Tabela 3 – Tipos de tensoactivos e as suas acções (Original)

Tensoactivo	Carga da porção hidrofílica	Características
Aniónico	Negativa	Potente acção detergente; elevada capacidade de formar espuma; perdem eficácia em águas duras
Catiónico	Positiva	Fraca acção detergente, são geralmente usados como bactericidas. Não são afectados pela dureza da água. São conhecidos como compostos de amónio quaternário.
Não-iónico	Sem carga	São usados em produtos que não devem formar espuma, ou até mesmo com efeito anti-espumante. Têm uma boa capacidade detergente.
Anfotérico	Positiva ou Negativa	Os menos comuns, são suaves para a pele e têm alguma acção bactericida. A sua carga varia com o pH.

Apesar das diferentes características que apresentam, o mecanismo pelo qual são capazes de reduzir a tensão superficial é comum a todos. Quando em suspensão, os tensioactivos associam-se às moléculas de água, orientando-se com a sua porção hidrofílica voltada para a água e com a porção hidrofóbica voltada para a direcção oposta (Figura 6).

Desta forma, as moléculas do tensioactivo interagem com as ligações intermoleculares da

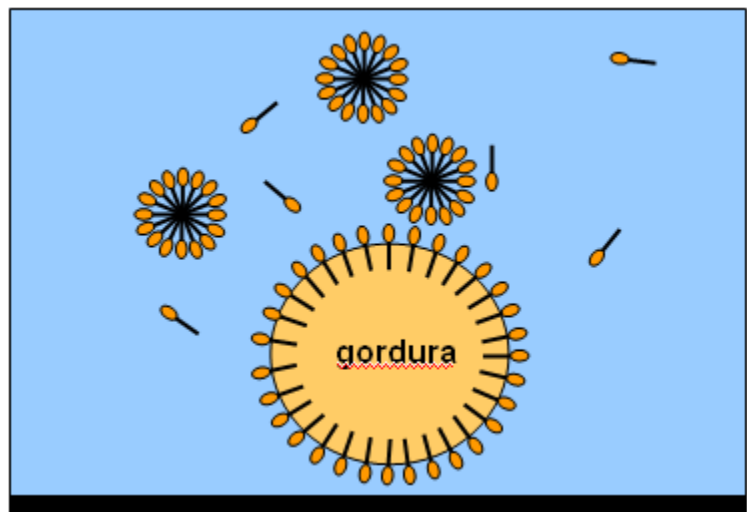
Figura 6 - Formação de micelas e emulsão da gordura (Original)



as moléculas da água.

A capacidade molhante da água aumenta desta forma com a participação dos tensioactivos. Por outro lado, os surfactantes, devido à sua porção hidrofóbica e quando a sua concentração o permite, formam uma curiosa estrutura, a micela, onde as porções hidrofóbicas se orientam para o centro e as porções hidrofílicas para o exterior. Quando uma solução detergente de concentração igual ou superior à concentração micelar crítica (CMC) contacta com a sujidade, os tensioactivos que nela estão contidos, associam-se à sujidade através da sua porção lipofílica (no caso das gorduras) e à água através da porção

Figura 7 - Emulsão de um glóbulo de gordura (Original)



hidrofílica, permitindo desta forma emulsionar gorduras e mantê-las em suspensão (Johns, 2000) (Figura 7).

As cargas electrostáticas presentes na porção hidrofílica impedem que os glóbulos de gordura se voltem a associar.

1.3.4.4. Os agentes quelantes, também conhecidos como sequestrantes, têm a capacidade de se ligarem a iões metálicos presentes na água, indisponibilizando-os para outras reacções que poderiam prejudicar a acção de limpeza, nomeadamente diminuindo a eficácia dos tensioactivos aniónicos ou até mesmo depositando-se sob a forma de “calcário”. Várias moléculas possuem esta capacidade, todavia, as mais usadas são o Ácido Etilenodiamino Tetra-acético (EDTA) e os polifosfatos. No primeiro caso, os seus sais de sódio e potássio são capazes de se ligar aos iões cálcio, magnésio e ferro. O EDTA é uma molécula estável a altas temperaturas, não corrosiva, segura para a pele e compatível com os amónios quaternários (Gava, 1984). Relativamente aos polifosfatos, estes representam o grupo mais amplamente utilizado na formulação de detergentes comerciais. O polifosfato tetrassódico, o hexametáfosfato de sódio e o tetrafosfato de sódio são alguns exemplos. Estes compostos são capazes de se associar reversivelmente aos iões cálcio e magnésio. Alguns ácidos orgânicos, tais como o cítrico ou o glucónico, têm também poder sequestrante apesar de bastante menor comparativamente aos anteriores (Leveau & Bouix, 2002).

1.3.5. A Limpeza Enzimática

A limpeza que é efectuada com recurso a produtos baseados em enzimas, é uma área de conhecimento que está em constante desenvolvimento. A limpeza enzimática poderá ter grandes vantagens relativamente à mais comum limpeza química, quer seja na redução da quantidade de detergente usado quer na redução do consumo de água.

No caso da limpeza das membranas de micro, nano e ultrafiltração, bem como de osmose inversa, as enzimas são já largamente utilizadas em processos bem estabelecidos e com eficácia comprovada (Lelieveld, Mostert & Holah, 2005). Muitos destes equipamentos não toleram as elevadas temperaturas e variações de pH utilizadas na limpeza e as enzimas constituem uma boa alternativa (Smith & Bradley, 1987)

As enzimas, enquanto proteínas, actuam como biocatalizadores que aceleram o processo e não se consomem durante o mesmo. A sua actividade proteolítica não é afectada desde que se mantenham as condições necessárias para que as enzimas actuem. O controlo do pH, da temperatura óptima e da concentração são factores chave para o sucesso da limpeza. Este facto permite que, nos casos em que podem ser recuperadas, sejam reutilizadas (Lelieveld, Mostert & Holah, 2005), sendo apenas necessário repor as perdas que ocorrem durante a limpeza.

As enzimas são utilizadas também em outras áreas como a limpeza de pratos em cozinhas industriais, tratamento de águas residuais em matadouros e em variados processos tecnológicos, nomeadamente na área dos lacticínios. O seu uso, enquanto agentes de limpeza, poderá ser especialmente útil na sujidade que contém proteína animal não

desnaturada, que poderá ser reconhecida e degradada por muitas enzimas sem que ocorram problemas (Lelieveld, Mostert & Holah, 2005). Este facto, aliado à aplicação de soluções de limpeza a temperaturas mais baixas e com um pH mais próximo da neutralidade trará grandes vantagens económicas e energéticas, bem como grandes vantagens ambientais. As soluções de pH mais próximo da neutralidade não requerem uma neutralização prévia ao serem enviadas para a estação de tratamento, facto que as torna mais simples e económicas de tratar. Por outro lado, as soluções que contêm enzimas são consideradas como sendo completamente biodegradáveis. Adicionalmente a estes factos, o uso de enzimas como produto de limpeza, poderá ser considerado mais seguro e fácil de armazenar, diminuindo os perigos para os operadores, pelo que continuarão provavelmente a desempenhar um papel continuamente mais importante (Kosikowski, 1988, p.571, tradução livre).

1.4. Os desinfectantes

A desinfecção faz muitas vezes parte integrante do complexo processo de higienização. Os desinfectantes devem, à imagem dos detergentes, cumprir alguns requisitos que permitam a sua correcta e segura utilização e, acima de tudo, maximizar a sua eficácia. Segundo Wildbrett (2006), os desinfectantes devem ter alguns requisitos gerais:

- ⇒ Devem ser estáveis e facilmente transportáveis
- ⇒ Ter boa solubilidade e fácil doseamento
- ⇒ Devem destruir rapidamente e a baixas concentrações o maior número de microrganismos
- ⇒ Devem actuar a baixa temperatura
- ⇒ O espectro de acção tão alargado quanto possível
- ⇒ Devem actuar mesmo na presença de sujidade
- ⇒ Manter uma acção prolongada nas superfícies tratadas
- ⇒ Fácil enxaguamento
- ⇒ Não devem deixar odor ou sabor nas superfícies que contactam com o alimento
- ⇒ Não devem deteriorar os materiais com os quais contacta
- ⇒ O seu uso deve ser seguro e inócuo para o Homem

Como é previsível, não existe uma só molécula que reúna todas estas características e que seja tão polivalente que permita a sua utilização indiferenciada em todas as situações.

Os desinfectantes comerciais apresentam, por vezes, mais do que uma substância activa na sua composição, o que lhes permite melhorar a sua capacidade desinfectante, bem como aproximarem as suas características do produto ideal. Estas substâncias activas são frequentemente adicionadas a outros compostos, como ácidos ou alcalinos, inibidores de

corrosão ou até mesmo um agente sequestrante, de modo a melhorar a sua eficácia na situação em que é aplicado. A desinfecção é influenciada pelo composto desinfectante utilizado, a sua concentração, a temperatura, o tempo de contacto, a sujidade existente, a dureza da água e o pH. A escolha do desinfectante deve ser adequada ao objectivo pretendido, tendo em conta o seu espectro, bem como as suas principais características. A concentração utilizada deve ser a indicada, podendo variar dentro de um certo intervalo consoante, por exemplo, o tempo disponível para a desinfecção ou o custo da mesma. O tempo de contacto nunca deverá ser inferior ao necessário, ainda que isso possa acarretar custos elevados, caso impossibilite que a produção se efectue simultaneamente. A temperatura influencia igualmente a acção da substância activa, devendo ser adequada ao composto escolhido. A dureza da água poderá, em alguns casos, diminuir a eficácia do composto e deverá ser corrigida, ou a escolha deverá recair num composto que melhor se adapte à água utilizada. Finalmente, o pH será uma das últimas variáveis a ter em conta, pois tem a capacidade de influenciar a acção dos compostos, nomeadamente na quantidade de moléculas quimicamente activas em solução.

1.4.1. Desinfecção

Várias moléculas e compostos são utilizados como desinfectantes. Os espectros, modo de acção, bem como algumas outras características, variam com as propriedades químicas das moléculas. Na indústria alimentar, porém, as considerações atrás referidas adquirem uma importância decisiva. Alguns dos compostos utilizados cumprem, pelo menos em parte, as necessidades da indústria alimentar, entre os quais se destacam:

- ⇒ Compostos Halogenados
 - Hipoclorito de Sódio
 - Cloro
 - Dióxido de Cloro
 - Iodo e Iodóforos
- ⇒ Agentes Oxidantes
 - Peróxido de Hidrogénio
 - Ácido Peracético
- ⇒ Tensioactivos
 - Amónios Quaternários (QACs)
 - Anfotéricos
- ⇒ Aldeídos
- ⇒ Alcoóis

1.4.1.1. Os compostos halogenados caracterizam-se por incorporarem na sua constituição, elementos do grupo 17 da Tabela Periódica. Porém, o Cloro e o Iodo assumem papéis de destaque devido à sua capacidade de desinfecção.

No caso do Cloro, o Hipoclorito de Sódio, vulgarmente conhecido como lixívia, quando em solução aquosa, dissocia-se dando origem ao ácido hipocloroso:



Dependendo do pH da solução, o ácido hipocloroso (HOCl) mantém-se sob esta mesma forma, ou dissocia-se em $\text{OCl}^- + \text{H}^+$. Apesar desta ocorrência o HOCl é o responsável pela acção destrutiva sobre as proteínas estruturais dos microrganismos e pelo bloqueio da sua actividade enzimática (Leveau & Bouix, 2002), especialmente das enzimas responsáveis pela digestão da glucose e dos grupos -SH e -NH₂. O ADN celular é também afectado, impedindo uma correcta multiplicação da célula. O seu espectro de acção é alargado, tendo acção bactericida e virucida (McDonnell & Russel, 1999).

Todavia, o cloro é usado igualmente noutras aplicações e sob outras formas, especialmente na forma de gás, como é o caso do cloro e do dióxido de cloro. Ambos se usam no tratamento de águas industriais e residuais (Ragab-Depre, 1982)

As vantagens e desvantagens dos compostos clorados encontram-se resumidas na Tabela 4.

Tabela 4 – Características dos compostos clorados

Vantagens	Desvantagens
Largo espectro	Provoca corrosão
Baixo custo	Odor
Compatível com águas duras	Não pode ser misturado com ácidos
Capacidade de destruir material orgânico	Volátil
Não cria resistências	Reage com a matéria orgânica (diminui a eficácia)
Rápida destruição dos microrganismos	
Eficaz a baixa concentração	Baixa estabilidade (3 a 6 meses)

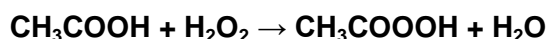
Fazem ainda parte dos halogéneos, os compostos iodados e seus derivados. São usados em solução aquosa e a sua eficácia aumenta em pH ácido, geralmente inferior a 4 (AESBUC, 2003). A temperatura máxima de aplicação destes compostos é cerca de 40°C, pois a partir desta temperatura o iodo inicia a sublimação (Wildbrett, 2006). Podem ser corrosivos, necessitando por isso de um enxaguamento posterior com água potável. Os compostos iodados também são usados para desinfecção da pele e como anti-sépticos (Berkelman, Holland & Anderson, 1982). Porém, o iodo é geralmente usado sob a forma de iodóforo, isto é, uma molécula que quando se encontra em solução aquosa liberta iodo. O seu espectro de acção é largo, sendo referido por McDonnell & Russell (1999) como sendo bactericida, fungicida, virucida e esporicida, apesar de ser um composto menos reactivo comparativamente ao cloro. Um resumo das suas principais características encontra-se na Tabela 5.

Tabela 5 – Características dos iodóforos

Vantagens	Desvantagens
Largo espectro de actividade	Forma muita espuma
Rápida inactivação dos microrganismos	Mancha irreversivelmente
Eficaz a baixa temperatura	Incompatível com plásticos e borrachas
Concentração mensurável por condutividade	Sublimação
	Caro

1.4.1.2. Os agentes oxidantes são compostos capazes de fornecer iões a outras moléculas e, desta forma adquirem a sua acção desinfectante. Do mesmo modo que o cloro é o “elemento activo” dos compostos clorados mais utilizados, o oxigénio detém esse mesmo papel no caso dos agentes oxidantes.

Um dos compostos mais utilizados é o ácido peracético. A sua síntese ocorre a partir do ácido acético, um ácido orgânico e do peróxido de hidrogénio, segundo a seguinte equação:



O ácido peracético (CH_3COOH) tem elevada capacidade oxidante e reactiva (Wildbrett, 2006). É eficaz em solução aquosa ou em fase gasosa e pode ser utilizado a baixas temperaturas pois mantém a sua acção. Actua através da destruição das ligações intramoleculares das enzimas e compostos membranares por acção oxidativa nos grupos funcionais -SH, -NH₂. O seu espectro é largo, incluindo bactérias e seus esporos, fungos e vírus. A sua utilização é preferencialmente em tubagens da indústria dos lactícínios e bebidas, mas também em outras aplicações da indústria alimentar (Hecht, Héry, Hubert & Subra, 2004). Devido à sua eficácia, o ácido peracético é ainda utilizado na desinfecção de

biotérios e dos seus equipamentos (Fordham, 1978). Também utilizado em salas brancas da indústria farmacêutica para desinfecção de espaços.

A Tabela 6 resume as suas principais características.

Tabela 6 - Características do ácido peracético

Vantagens	Desvantagens
Largo espectro	Corrosivo para metais pesados
Rápida acção	Odor
Seguro para o ambiente (decompõe-se em oxigénio, dióxido de carbono e água)	Sensível ao pH
Eficaz a baixas temperaturas (5 a 40°C)	Concentração de difícil monitorização
Fácil de enxaguar	Consome-se com a sujidade
Apresenta alguma tolerância à sujidade	
Estável durante 12 meses	
Não forma espuma	
Seguro para o operador	

O peróxido de hidrogénio é, também, um agente oxidante. Tem a capacidade de poder ser utilizado como desinfectante sem que origine qualquer tipo de resíduo potencialmente preocupante, já que, ao libertar oxigénio, decompõe-se e o único resíduo que permanece é a água. Pode, deste modo, ser usado em superfícies e equipamentos que contactem proximamente com os alimentos, sem ocorrer contaminação. O peróxido de hidrogénio, cujo espectro de acção é bastante largo, é mais activo contra bactérias Gram positivas mas tem o inconveniente de ser inactivado pela presença da enzima catalase ou outras peroxidases, muitas vezes produzidas pelos microrganismos. O seu modo de acção é semelhante ao do ácido peracético (McDonnell & Russel, 1999).

1.4.1.3. Os tensioactivos: alguns destes compostos possuem propriedades desinfectantes muito mais evidentes do que a capacidade emulsionante e molhante que apresentam em solução aquosa. Todos os compostos tensioactivos apresentam uma capacidade inibidora da multiplicação bacteriana. Este tipo de desinfectantes mostra uma boa estabilidade a altas temperaturas e diferentes valores de pH (Leveau & Bouix, 2002), facto que permite a sua utilização acima dos 90°C e em diferentes situações. Os compostos representantes desta classe são os amónios quaternários (QACs) e os tensioactivos anfotéricos. Os QACs integram anti-sépticos e desinfectantes usados em larga escala, também na indústria alimentar (Bjorlan, Sunde & Waage, 2001). A sua estrutura química

inclui um grupo hidrofílico de amónio quaternário e um grupo hidrofóbico constituído por uma cadeia alquil. O seu mecanismo de acção baseia-se na interacção com a membrana plasmática bacteriana, ocorrendo perda de metabolitos, lise celular e o desaparecimento de enzimas membranares (Sandt, Barbeau, Gagnon & Lafleur, 2007, p.1281). O espectro de acção varia com o composto utilizado mas salienta-se que são compostos com boa capacidade fungicida, além da actividade bactericida. São muito bons na desinfecção de superfícies duras, bem como na eliminação de cheiros (McDonnell & Russel, 1999). As suas características estão resumidas na Tabela 7.

Tabela 7 – Características dos QACs

Vantagens	Desvantagens
Baixa corrosão	Espectro de acção selectivo
Baixa volatilidade	Perdem eficácia a baixa temperatura (<10°C)
Baixa toxicidade	Custo
Seguros para a pele	Perda de eficácia em águas duras
Estáveis (validade superior a 2 anos)	Criam resistência quando usados em dose sub-lethal
Biodegradáveis (a baixa concentração)	São absorvidos pela sujidade
Efeito detergente	Formam espuma

No que diz respeito aos tensioactivos anfotéricos, e segundo Wildbrett (2006), as suas características são semelhantes às dos QACs, bem como o seu modo de acção. A sua carga varia de acordo com o pH da solução em que se encontram, sendo que quando o pH é superior ao seu ponto isoeléctrico (pH ao qual a sua carga é neutra) apresentam comportamento aniónico e, por outro lado, quando o pH é inferior ao seu ponto isoeléctrico apresentam-se como compostos catiónicos. É esta propriedade que lhes confere o seu nome – anfotéricos. Possuem uma boa capacidade molhante que favorece a sua acção biocida. A sua utilização torna-se cada vez mais frequente, especialmente na desinfecção de circuitos e tubagens (Leveau & Bouix, 2002), mas também para o uso em nebulização de espaços.

As suas características estão resumidas na Tabela 8.

Tabela 8 – Características dos tensoactivos anfotéricos

Vantagens	Desvantagens
Baixa corrosão	Espectro de acção selectivo (não esporicida)
Baixa volatilidade	Custo
	Inactivados pela presença de altos níveis de sujidade
Baixa toxicidade	Criam resistência quando usados em dose sub-letal
Seguros para a pele	
Estáveis (validade superior a 2 anos)	
Podem funcionar como sequestrantes	
Melhor actividade a baixa temperatura comparativamente aos QACs	
Bom Enxaguamento	

1.4.1.4. Os aldeídos representam uma outra classe de desinfectantes. Possuem características próprias como o facto de manterem a eficácia apesar da presença de matéria orgânica. Alguns compostos desta família ocupam mesmo um lugar de destaque na indústria alimentar, como é exemplo o glutaraldeído, utilizado em desinfecção de superfícies, equipamentos e circuitos de tubagens. Pode ser associado a outros aldeídos ou até mesmo a amónios quaternários (Leveau & Bouix, 2002) para potenciar a acção desinfectante. Actuam reagindo com os grupos amina das proteínas vitais da célula, causando também desnaturação das mesmas e inibindo a síntese proteica (McDonnell & Russel, 1999). Algumas das suas características mais importantes estão resumidas na Tabela 9.

Tabela 9 – Características dos aldeídos

Vantagens	Desvantagens
Largo espectro de actividade	Baixa tolerância à sujidade.
Virucidas	Alta toxicidade
Não corrosivos	Letais
Pequena actividade residual	Carcinogénicos
Podem ser utilizados em desinfecção gasosa	Odor

1.4.1.5. Os alcoóis, devido às suas propriedades, são principalmente usados como anti-sépticos da pele (muito úteis para os operadores da indústria alimentar), em formulações desinfectantes, devido às suas características voláteis e em associação com outras moléculas desinfectantes (Leveau & Bouix, 2002). As moléculas mais utilizadas são o etanol

(CH₃-CHOH), o isopropanol (CH₃-CHOH-CH₃) e o n-propanol (McDonnell & Russel, 1999). São compostos incolores e solúveis em água. O seu modo de acção relaciona-se aparentemente com a desnaturação e coagulação proteica que provocam ao penetrar na célula (McDonnell & Russel, 1999). Contudo, necessitam da presença de água para que este efeito seja mais evidente: uma solução aquosa apresenta maior eficácia relativamente à molécula pura (o poder desinfectante do etanol a 70% é superior a soluções de concentração mais elevada). Porém, e apesar desta circunstância, apresentam apenas um moderado poder bactericida.

A Tabela 10 resume as suas principais características.

Tabela 10 – Características dos alcoóis

Vantagens	Desvantagens
Seguros para a pele	Não têm efeito contra esporos
Não deixam resíduos	Inflamáveis
Rápida acção	Não têm propriedades surfactantes
Biodegradáveis	Caros
Não corrosivos	

Em resumo, a escolha de um desinfectante deve sempre considerar as suas características próprias, bem como o seu espectro de acção e modo de utilização. O seu custo pode adquirir em certas circunstâncias uma importância decisiva e até ser determinante para a escolha. A resistência dos materiais onde será aplicado pode de igual modo condicionar a escolha da molécula. Muitas preparações comerciais disponíveis contêm mais que uma substância activa de modo a complementar os espectros de acção. O uso dos desinfectantes deve ainda ter em conta a prevenção da ocorrência de resistências, fenómeno que começa a verificar-se, como por exemplo nos QACs devido ao seu vasto uso em diferentes meios (Sidhu, Heir, Leegaard, Wiger & Holck, 2002).

A Tabela 11 resume alguns aspectos dos desinfectantes mais utilizados:

Tabela 11 – Características de alguns dos desinfectantes mais utilizados

	Compostos de Cloro	Compostos de Iodo	Amónios Quaternários
Acção contra bactérias Gram +	Bom	Bom	Bom
Acção contra bactérias Gram –	Bom	Bom	Mau
Acção contra esporos	Bom	Mau	Regular
Acção Corrosiva	Sim	Ligeira	Não
Afectado pela dureza da água	Não	Ligeiramente	Alguns tipos
Irritante para a pele	Sim	Sim, para algumas pessoas	Não
Afectado por matéria orgânica	Muito	Ligeiramente	Ligeiramente
Incompatível com	Fenóis, aminas e metais brandos	Amido, Prata	Agentes aniónicos, sabão, madeira, celulose
Estabilidade da solução de uso	Dissipa-se rapidamente	Dissipa-se muito lentamente	Estável
Estabilidade da solução a quente (>66°C)	Instável	Muito instável, deve ser usado a menos de 45°C	Estável
Presença de resíduos activos	Não	Sim	Sim
Eficácia a pH neutro	Sim	Não	Sim
Custo	Muito baixo	Muito Baixo	Elevado

Adaptado de AESBUC, 2003

1.5. Métodos e procedimentos gerais de limpeza

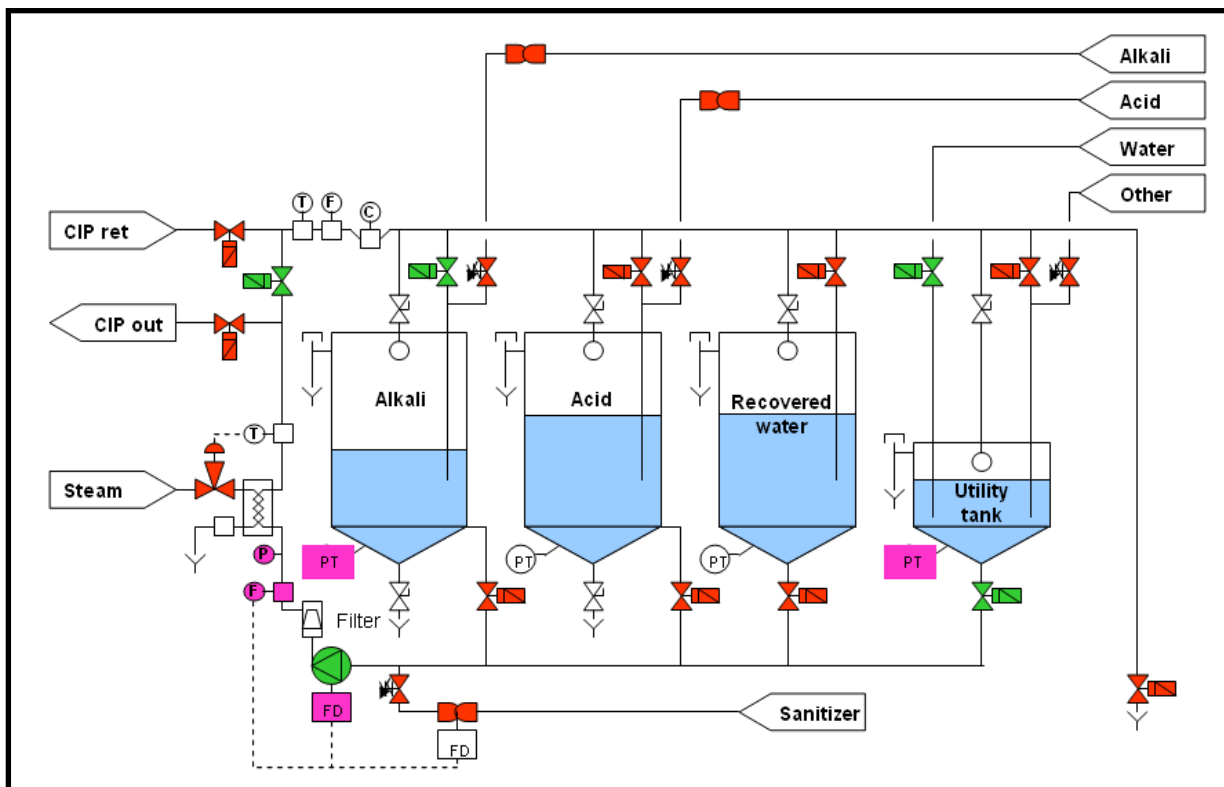
Os métodos de limpeza utilizados devem estar adaptados à sujidade e ao objecto ou superfície que irá ser limpa (Wildbrett, 2006).

A limpeza pode ser efectuada por variados métodos. Os mais vulgares na indústria alimentar são sem dúvida o CIP e o *Open Plant Cleaning* (OPC).

1.5.1. CIP

O sistema de limpeza *Clean in Place* permite que se efectue uma limpeza e desinfeção às superfícies internas dos equipamentos de processamento de alguns tipos de alimentos, sem que se proceda à sua desmontagem ou exista intervenção manual importante. O sistema consiste num conjunto de tubagens que unem diferentes equipamentos de produção, ao qual está associada uma instalação de limpeza (unidade CIP), que possui variável complexidade e cujo funcionamento dependerá de uma maior ou menor intervenção dos operadores. Possui grandes vantagens relativamente à limpeza manual que, apesar de válida para muitos equipamentos, tem elevado custo de manutenção, altos riscos de recontaminação na montagem e rendimentos produtivos mais baixos. O CIP permite ultrapassar muitos destes problemas.

Figura 8 - Layout de uma unidade CIP



Adaptado de: Documentação interna da JohnsonDiversey

O processo de limpeza e funcionamento baseia-se em fazer passar soluções com elevada capacidade de limpeza pelos locais onde circulam os ingredientes e todos produtos provenientes do normal funcionamento da indústria. Neste sistema, as variáveis como a pressão são ajustadas e controladas de modo a obter a máxima eficácia de limpeza; a intervenção do operador pode ser reduzida ao controlo de todo o sistema através de uma interface computacional, enquanto noutros casos será necessário recorrer a intervenções

pontuais, como seja o doseamento de um detergente. Em todo o caso, não há necessidade de proceder à desmontagem de grandes equipamentos nem à limpeza manual de grandes circuitos, à excepção de alguma intervenção específica. O grau de automatização é geralmente elevado e conseguido através da programação de sistemas de válvulas, condutivímetros, sondas de pH e de temperatura, que em conjunto maximizam a autonomia deste sistema de limpeza.

Vários equipamentos podem ser limpos deste modo, desde as simples tubagens em inox, a depósitos, permutadores de calor e centrifugadoras, até diversos sistemas de filtragem.

Os procedimentos de limpeza associados ao CIP estão sempre bem estabelecidos e padronizados, sendo o factor chave o controlo das variáveis tempo, temperatura, acção química e acção mecânica (Leveau & Bouix, 2002). A programação deste sistema garante elevados padrões de reprodutibilidade das limpezas.

As unidades CIP consistem num conjunto de depósitos, válvulas, bombas, doseadores e sistemas de monitorização e controlo (Figura 8), que em conjunto contribuem para a automatização de todo o processo de modo a garantir a eficácia da limpeza. A programação do sistema define as suas diversas fases; as válvulas e bombas estão programadas para realizar automaticamente uma sequência de limpeza para que, deste modo não ocorram variações nos padrões de limpeza. Um CIP possui, de um modo geral as seguintes fases:

1. Enxaguamento com água, que poderá ser água reaproveitada do enxaguamento final da limpeza CIP anterior
2. Lavagem com detergente
3. Enxaguamento com água limpa
4. Lavagem com um 2º detergente
5. Enxaguamento com água limpa
6. Desinfecção
7. Enxaguamento com água potável

Em cada fase é definida a solução que vai ser bombeada para o circuito, a sua temperatura, a concentração no caso dos detergente e dos desinfectantes e finalmente o tempo de circulação. Quanto maiores forem as dimensões das tubagens, especialmente o comprimento, maiores deverão ser os tempos para que todo o circuito seja limpo. A definição do pH final das soluções de enxaguamento, bem como da condutividade das soluções detergentes é indispensável para este processo, já que é este parâmetro que define o início de cada fase e também o final de cada um dos enxaguamentos.

A temperatura de circulação dos líquidos deve sempre ser adequada à fase em questão e à sujidade, já que caso seja demasiado baixa ou demasiado alta, pode ocorrer uma limpeza incompleta ou alteração do estado da sujidade. Segundo Lelieveld, Mostert & Holah (2005),

o enxaguamento inicial não deverá nunca ter uma temperatura superior a 40°C, para que o amido e a proteína não sofram alterações que irão dificultar a posterior limpeza.

Os detergentes usados variam bastante nas suas características. Em muitos casos utiliza-se apenas um composto alcalino ou ácido sem adição de outros compostos mas noutros casos utiliza-se um produto comercial mais completo e eficaz. Os detergentes alcalinos são os mais utilizados, com alcalinidades variáveis e concentrações adequadas a cada processo. No caso dos detergentes ácidos, a sua utilização é em geral menos frequente, variando também a sua acidez em função do equipamento ou processo. Os compostos mais frequentemente adicionados aos detergentes usados em CIP são os sequestrantes, os tensoactivos e os inibidores de corrosão, entre outros que apenas são usados em casos pontuais, como por exemplo as enzimas utilizadas em sistemas CIP de membranas de filtração.

No que diz respeito à acção mecânica, o sistema é caracterizado pelo seu fluxo, que deverá ser turbulento, e não laminar, de modo a aumentar a fricção com a superfície

interna das tubagens. A velocidade de circulação dos fluidos deverá, segundo diversos autores, ser de 2 m/s e nunca inferior a 1,5 m/s. O diâmetro das tubagens deverá variar o menos possível para que não haja quebra da pressão e comprometimento da limpeza.

A limpeza dos depósitos que muitas vezes estão incorporados nos sistemas em que se utiliza o método CIP de limpeza, não é efectuada do mesmo modo que as tubagens. Nestes casos, a limpeza não se baseia no efeito da turbulência mas sim em dispositivos colocados no seu interior, nomeadamente as *spray ball* e os torniquetes (Figura 9). As diferenças de pressão utilizadas determinam o dispositivo escolhido, sendo que alguns estão preparados para serem utilizados com elevadas pressões (10 a 100 bar) resultando a limpeza fundamentalmente da acção mecânica, enquanto outros equipamentos operam a baixas pressões (1 a 5 bar), predominando a acção detergente em detrimento da acção mecânica.

Outros equipamentos, como por exemplo os permutadores de calor, poderão estar interpostos num circuito normal ou ter um programa específico, já que em muitos sistemas CIP estão programadas limpezas independentes de diferentes circuitos, aumentando a eficácia da limpeza pela definição de tempos, temperaturas e concentrações mais apropriadas ao equipamento em questão.

Figura 9 – *Spray Ball*



Adaptado de: Documentação Interna da JohnsonDiversey

Diferentes tipos de CIP poderão ser considerados, mas podem resumir-se a 2 (Wildbrett, 2006):

1. CIP de Passagem Única/Não Recuperável: é preparada uma solução detergente nova a cada limpeza e após a sua circulação não é reaproveitada, não havendo circulação residual no circuito. É usado quando os níveis de sujidade são muito elevados ou a contaminação com diferentes produtos pode constituir um problema. São normalmente sistemas pequenos e simples, cuja unidade está próxima do circuito de produção.
2. CIP de Uso Repetido: nesta categoria as soluções detergentes são reaproveitadas e cumprem um determinado número de limpezas; por vezes a água do último enxaguamento é também recuperada e usada no primeiro enxaguamento no CIP seguinte. Dentro desta categoria existem ainda 3 divisões, relativamente à localização da unidade de limpeza:
 - a. Unidades localizadas: a unidade de limpeza está próxima dos circuitos que irá limpar, não necessitando de grandes conexões; o seu custo é elevado, pois é necessário equipar cada instalação com uma unidade própria.
 - b. Unidades centralizadas: a unidade de limpeza abastece vários circuitos, necessitando de longas tubagens e grandes volumes de solução, requerendo depósitos com elevada capacidade. Ocorrem grandes perdas de calor ao longo das tubagens mas reduzem-se as necessidades de equipamentos de limpeza CIP.
 - c. Conceito de satélite: neste caso, a solução de limpeza provém de uma unidade central e é usada em diferentes CIPs de passagem única, podendo posteriormente ser recuperadas em cada unidade ou eliminadas. Este sistema apresenta, por isso, grande polivalência, podendo mais facilmente adequar temperaturas. O volume de líquidos utilizado é menor que no exemplo anterior.

O sistema CIP apresenta várias vantagens independentemente da configuração em questão mas a sua eficácia é função da qualidade do seu design, construção, instalação e modo de operar. Se a instalação não se encontrar em boas condições, o tempo de limpeza irá aumentar e o risco de contaminação será mais elevado (Lelieveld, Mostert & Holah, 2005).

As principais vantagens deste sistema encontram-se resumidas na Tabela 12.

Tabela 12 - Vantagens do Sistema CIP

Manutenção da temperatura e concentração desejadas	Processo com elevada reprodutibilidade que lhe confere elevada segurança.
Tempo de contacto não varia, bem como a acção mecânica	
Menor dependência do operador relativamente à lavagem manual. Não necessita da desmontagem de equipamento.	Permite poupança a nível energético, de produtos químicos, de água, de mão-de-obra e, por vezes, de tempo.
Recuperação de soluções e água de enxaguamento	

1.5.1.1. O problema dos Biofilmes

Entende-se por biofilme uma comunidade microbiológica caracterizada por células que estão irreversivelmente aderentes a um substrato ou interface, e entre si e que estão imersas numa matriz de polímeros extracelulares produzidos por elas próprias (Donlan & Costerton, 2002).

Os biofilmes formam-se em locais tão diferentes quanto canalizações ou tubagens em inox, e até sistemas CIP onde é realizada uma boa limpeza, nos quais alguns microrganismos são capazes de se manter na superfície dos equipamentos (Wong, 1998). Desenvolvem-se a diferentes velocidades e em diferentes condições e a sua composição microbiana pode ser muito variável. O seu desenvolvimento caracteriza-se por várias etapas e a sua estrutura é bastante organizada.

O seu crescimento é ditado por várias fases que se sucedem e que permitem a formação de um biofilme “maduro” (Kumar & Anand, 1998):

1. **Condicionamento da superfície:** ocorre adesão de substâncias orgânicas à superfície limpa, que alteram a tensão superficial da mesma, permitindo que os microrganismos iniciem a fase de adesão. Estas substâncias servem, ainda, como nutrientes para o crescimento microbiano.
2. **Adesão dos microrganismos pioneiros:** os microrganismos que flutuam no líquido circulante (planctónicas) aderem à camada orgânica existente na fronteira entre a tubagem e o líquido, onde a velocidade do fluxo é muito próxima de 0. Esta adesão inicial é reversível, pois é suportada por ligações electrostáticas.
3. **Síntese do glicocálice:** Os microrganismos começam por sintetizar diferentes substâncias poliméricas no espaço extracelular, as quais têm a capacidade de captar mais nutrientes para o biofilme. Esta matriz actua como um “cimento” que mantém os microrganismos protegidos e fixados à superfície. É nesta fase que os microrganismos ficam irreversivelmente aderentes ao biofilme. Estes

polímeros conferem proteção contra diversas moléculas, nomeadamente os biocidas. Inicia-se então a multiplicação bacteriana.

4. **Adesão de colonizadores secundários:** a chegada de outros microrganismos, que acabam também por aderir ao biofilme, leva ao estabelecimento de relações bioquímicas que complementam a digestão de nutrientes e o aproveitamento de moléculas provenientes do metabolismo dos microrganismos pioneiros. Estas relações permitem a digestão de novos nutrientes e um melhor aproveitamento dos nutrientes disponíveis.
5. **Um biofilme maduro:** o que começou por ser apenas uma colónia de microrganismos tornou-se numa comunidade que coopera metabolicamente, constituída por diferentes espécies com relações estabelecidas.

Estas estruturas têm ainda a capacidade de crescer e se desenvolver, libertando células da sua matriz, que acabam por colonizar novos locais nas tubagens. Podem sobreviver por longos períodos, dependendo da quantidade e natureza da matéria orgânica presente, da temperatura e da humidade relativa (Wong, 1998).

Vários factores podem influenciar a adesão dos biofilmes, especialmente em instalações. A formação de biofilmes pode dar-se mesmo em condições menos favoráveis. A adesão ocorre mesmo com fluxos muito turbulentos (Donlan & Costerton, 2002) e em superfícies lisas e não apenas em superfícies rugosas (Barnes, Lo, Adams & Chamberlain, 1999). Após a secreção do glicocálice, o biofilme apresenta-se muito flexível, o que lhe permite sobreviver às condições menos favoráveis. Os biofilmes possuem a capacidade de se adaptar, sendo tanto mais resistentes quanto mais adversas são as condições onde se formaram (Donlan & Costerton, 2002). Os biofilmes são capazes de se desenvolver também em diferentes materiais, como a borracha, polímeros e diferentes metais, entre os quais o inox, e possuem elevados níveis de resistência a desinfetantes e detergentes (Sandt, Barbeau, Gagnon & Lafleur, 2007).

As vantagens da associação de microrganismos neste tipo de bioestruturas, abrange vários domínios, nomeadamente em relação ao maior número de nutrientes disponível e à maior resistência a detergentes e desinfetantes (Watnick & Kolter, 2000).

Os biofilmes representam desta forma uma ameaça para os equipamentos e superfícies de produção e são razão de forte preocupação da indústria alimentar, já que têm a capacidade de se tornarem uma fonte crónica de contaminação microbiana que pode comprometer a qualidade e segurança dos alimentos, bem como um risco para a saúde (Barnes *et al.*, 1999).

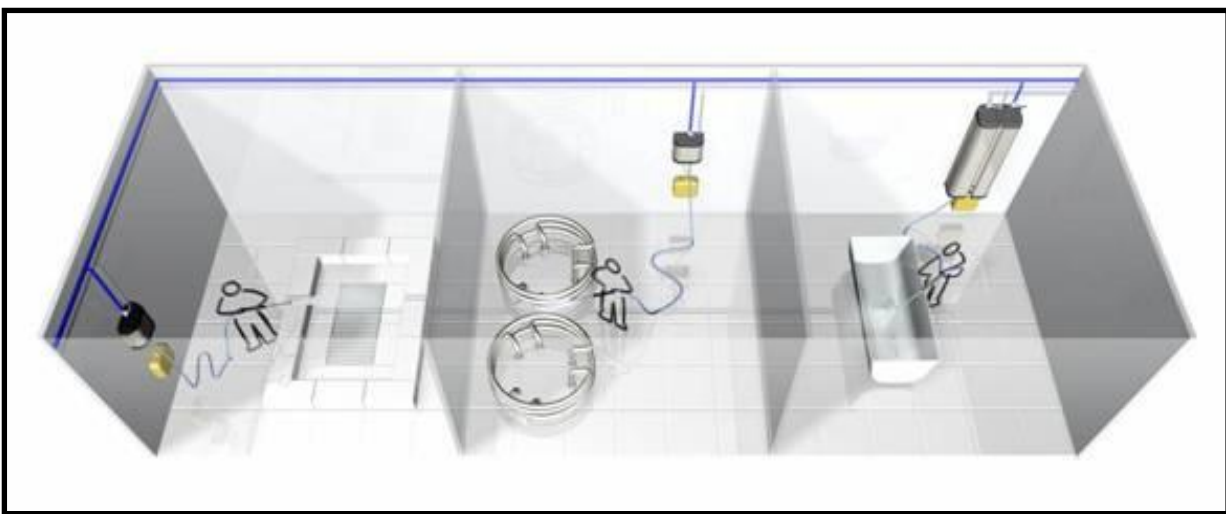
Por todas estas razões, a implementação de um sistema CIP adquire grande importância, assim como elevada eficácia na prevenção e controlo deste problema. A compreensão das interações entre microrganismos e superfícies específicas, bem como das condições em

que se desenvolvem, torna-se decisiva para que sejam tomadas medidas eficazes para o seu combate.

1.5.2. OPC

Este tipo de limpeza é usado para definir todos os procedimentos de limpeza que contemplam superfícies expostas e abertas, tais como equipamentos de processamento, mesas de trabalho, utensílios, paredes, tectos e pavimentos. Neste tipo de operações está também incluída a limpeza manual, bem como muitos procedimentos cuja automatização varia em diversas aplicações (Figura 10). Estes procedimentos recorrem a diversos

Figura 10 – Exemplo de um sistema OPC



Adaptado de: Documentação Interna da JohnsonDiversey

instrumentos, detergentes e técnicas para conseguir uma limpeza eficaz. O uso de espumas e geles está amplamente difundido na tecnologia OPC, bem como todos os equipamentos necessários para a sua aplicação. Muitos destes instrumentos de limpeza possuem elevada capacidade de limpeza e de automatização, efectuando doseamentos de diferentes produtos, bem como das temperaturas definidas.

A limpeza manual é, provavelmente, dos procedimentos mais realizados na indústria alimentar. As suas características variam muito, sendo função dos equipamentos e superfícies em questão e até mesmo do operador. Os resultados obtidos são muito variáveis e a necessidade de mão-de-obra é elevada, bem como o tempo dispendido. Muitos equipamentos requerem muito trabalho para a sua limpeza, sendo operações complexas, que recorrem em algumas situações ao uso de instrumentos específicos não só para a limpeza, como também para os procedimentos de desmontagem e montagem dos mesmos. São utilizados vários utensílios como auxiliares deste tipo de limpeza. Entre estes destacam-se:

- Escovas – devem estar adaptadas à superfície a lavar para que não a danifiquem nem sejam demasiado brandas para a sujidade em questão. As cerdas fabricadas em materiais absorventes devem ser evitadas.
 - A escovagem deve acompanhar a utilização de um detergente espumante e a temperatura recomendada é de, aproximadamente, 40°C.
- Instrumentos abrasivos – Incluem instrumentos como os esfregões e não devem ser utilizados em locais que contactam com alimentos, pois podem danificá-los e deixar resíduos.
- Mangueiras – usadas para canalizar a água, podem ser associadas a diversos instrumentos que permitem uma lavagem mais eficaz e rápida dos equipamentos.

Diferentes procedimentos podem ser usados na limpeza manual, destacando-se a imersão, utilizada na lavagem de pequenas peças do equipamento que são mergulhadas geralmente em água quente e detergente; as temperaturas utilizadas são normalmente elevadas (60 a 80°C) e o tempo de imersão pode variar desde alguns minutos até várias horas.

Sempre que possível devem ser estabelecidos procedimentos para este tipo de limpeza, de modo a facilitar a actuação dos operadores, bem como a permitir uma melhoria e reprodutibilidade dos resultados que, neste tipo de limpeza, é difícil de conseguir.

Esta metodologia é passível de estabelecer critérios realistas de limpeza e defini-los, de modo a que os processos possam ser validados. Assim, após a definição de um objectivo de limpeza e da importância que cada uma das 4 variáveis do círculo de Sinner apresenta em cada aplicação, estabelecem-se as temperaturas adequadas a cada situação, os detergentes e desinfetantes a serem usados, os métodos de acção mecânica escolhidos (escova, água a alta pressão, espuma, entre outros) e finalmente os tempos de todo o processo.

De um modo geral um procedimento OPC é constituído pelas seguintes etapas:

1. **Preparação do espaço e objectos a limpar:** nesta fase inicial preparam-se os instrumentos, doseiam-se detergentes, desmontam-se equipamentos e executam-se todas as operações necessárias para que o início da limpeza ocorra sem problemas.
2. **Remoção da sujidade de maiores dimensões:** neste passo inicial removem-se as sujidades que muito provavelmente não seriam arrastadas com o enxaguamento. É uma operação efectuada manualmente e o seu controlo é feito pelos operadores.
3. **Pré-enxaguamento:** realiza-se um enxaguamento com água para arrastar a sujidade que permaneceu da etapa anterior, mas que apresenta menor dimensão. Deve ser controlada a pressão, fluxo e temperatura da água, que deverá ser adequada à sujidade em causa. Este tipo de operação, bem como as posteriores, deve ter em atenção a contaminação de zonas adjacentes, nomeadamente pela formação de aerossóis.

4. **Aplicação do detergente e lavagem:** a escolha do produto deve ser efectuada tendo em conta os vários parâmetros referidos. A sua aplicação pode ser efectuada com recurso a espumas, geles, líquidos ou usando outros métodos como a pulverização. Se necessário o objecto ou superfície a limpar deverá ser alvo de uma acção mecânica mais concreta, como por exemplo o uso de esfregões. O tipo de esfregão deve ser criteriosamente escolhido. A concentração do detergente, correcto manuseamento do equipamento/utensílios e formação do operador são factores a considerar para o sucesso da limpeza.
5. **Enxaguamento:** com recurso, de preferência, a água quente, este enxaguamento tem como objectivo remover o detergente e a sujidade ainda presente, que deverá agora encontrar-se solta. A temperatura varia geralmente entre os 50 e 75°C. Devem evitar-se águas de elevada dureza, que comprometem a etapa seguinte. O fluxo de água, temperatura e pressão deverão ser controlados.
6. **Desinfecção:** após diluição a concentração pré-estabelecida, aplica-se o desinfectante. Esta etapa nem sempre é efectuada sendo apenas necessária em alguns casos. A escolha do produto correcto e da concentração adequada são factores chave. Deve assegurar-se que a limpeza foi correctamente realizada, caso contrário a desinfecção estará comprometida.
7. **Enxaguamento final:** efectuado com água potável, pretende remover o desinfectante que permaneceu. A qualidade da água deve ser controlada, bem como o seu fluxo.

O procedimento OPC pode variar em função da necessidade. A aplicação do detergente poderá ser feita por duas vezes e com produtos diferentes. O tempo de contacto poderá ser maior, caso a água não atinja a temperatura recomendada ou poderá recorrer-se à imersão de alguns objectos.

O sistema OPC, fruto dos diferentes equipamentos que podem ser utilizados na limpeza, apresenta elevada polivalência.

Os procedimentos deverão estar bem estabelecidos, de preferência com auxílio de documentação e correctos planos de limpeza, para que os resultados sejam uniformes e se mantenham acima dos critérios definidos.

O OPC é uma ferramenta decisiva para a higienização da indústria alimentar e obtenção de elevados padrões de limpeza, sendo que a validação da limpeza deverá ser um dos objectivos a ter em conta.

1.5.2.1. O perigo dos Aerossóis

Os aerossóis formam-se em muitas aplicações utilizadas em OPC, constituindo um perigo potencial, em especial para os operadores e para todos aqueles que com eles contactem.

Consistem em pequenas partículas, sólidas ou líquidas, dispersas no ar. Mantêm-se em suspensão no ar durante algum tempo e acabam por se depositar em alguma superfície ou podem ser inaladas. Devido ao seu tamanho e características podem veicular microrganismos e deste modo promover a sua difusão para zonas com as quais, de outra forma, não contactariam. Uma vez em suspensão, o controlo do seu movimento torna-se muito difícil devido aos variados movimentos do ar.

A sua origem pode ser variada, incluindo matérias-primas, pessoas e equipamentos. Contudo, na indústria alimentar, são as operações de limpeza a principal fonte de aerossóis contaminados por microrganismos (Lelieveld, Mostert & Holah, 2005), especialmente quando se utilizam equipamentos de alta pressão.

O tamanho e a forma das partículas pode variar muito. As partículas mais perigosas para o ser humano possuem um diâmetro inferior a 5 µm, sendo a capacidade de penetração nos pulmões maior nesta gama de diâmetros (Andersen, 1958). No caso da contaminação de alimentos existem outros factores que também influenciam esta ocorrência, como o número de microrganismos presentes na partícula e o fluxo de ar.

Então, será fundamental tentar controlar a formação dos aerossóis ou, após a sua formação, reduzir a sua dispersão tanto quanto possível, sobretudo considerando o perigo potencial que podem representar para os alimentos.

As medidas mais adequadas para a sua prevenção nos sistemas de OPC, consistem em:

- Controlo do ar:
 - Manter uma pressão positiva nas instalações.
 - O fluxo do ar deve ser realizado desde as instalações de maior exigência higiénica para as de menor exigência.
 - Os sistemas de controlo do ar não devem ser uma fonte de contaminação.
- *Design* e funcionamento do OPC:
 - As limpezas devem ser programadas para não coincidirem com a produção
 - Se for necessário limpar durante a produção, escolher um método que produza menos aerossóis ou, em alternativa, iniciar a produção apenas quando os aerossóis tiverem sido removidos pelo sistema de controlo do ar.
 - Ter instalações onde a água proveniente das operações de limpeza possa ser eliminada sem afectar a produção.

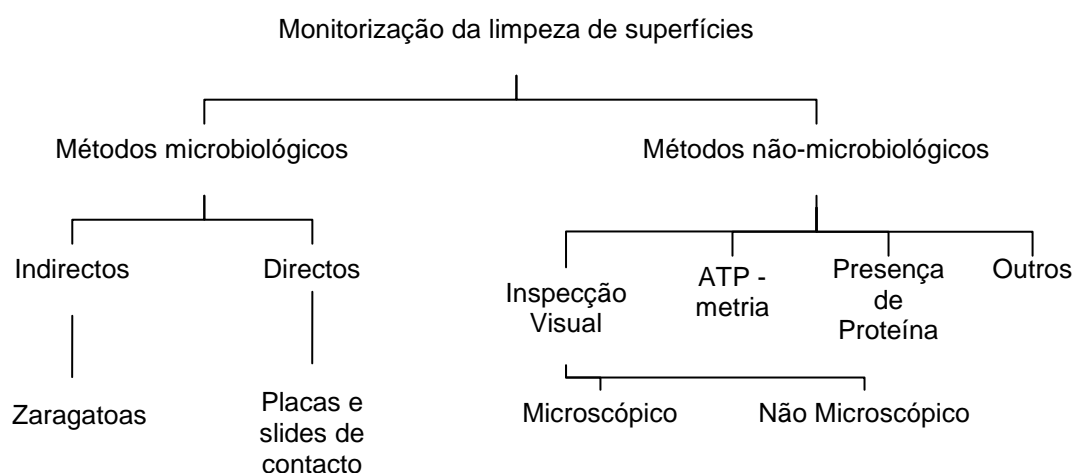
Estas medidas são apenas exemplificativas e não exaustivas, devendo ser associadas a um *design* correcto e bom maneio das operações que estão contempladas no sistema OPC.

Existem actualmente equipamentos capazes de monitorizar a formação e características dos aerossóis.

1.6. Controlo da eficácia dos métodos de Limpeza e Desinfecção

O investimento considerável, ou mesmo elevado, que é realizado para garantir a elaboração de uma correcta e eficaz higienização das instalações e equipamentos requer contrapartidas. Apenas efectuando um controlo dos métodos utilizados poderá ser averiguada a sua eficiência. Na verificação da correcta higienização de superfícies podem ser utilizados vários métodos, conforme ilustrado esquematicamente, na Figura 11.

Figura 11 – Métodos de monitorização da higiene de superfícies



Adaptado de Lelieveld, Mostert & Holah, 2005.

De entre os não microbiológicos, a inspeção visual é, à partida, o método mais simples e mais utilizado, sendo por vezes o único utilizado. Apresenta um grau elevado de subjectividade e como tal pode variar em função do operador.

O método de ATP-bioluminescência é uma ferramenta útil neste tipo de verificação. A amostra é recolhida com o auxílio de uma zaragatoa, que permite detectar a presença de moléculas de ATP (adenosina trifosfato), através da emissão de luz, proporcional à presença dessas moléculas. O método detecta não só ATPs provenientes de microrganismos, como também de resíduos alimentares (Wildbrett, 2006; Murphy, Kozlowski, Bandler & Boor, 1997). Os valores obtidos são sempre comparados com valores de referência ajustados ao equipamento ou superfície em questão. Este método é muito utilizado para monitorização de pontos críticos na metodologia *Hazard Analysis and Critical Control Point* (HACCP) já que uma das suas grandes vantagens é a rápida obtenção dos resultados.

A detecção da presença de proteínas é um método que pode ser usado quando a sujidade tem elevado conteúdo proteico, como no caso das carnes e do leite. Muitos destes testes baseiam-se na reacção de Biureto modificada (Lelieveld, Mostert & Holah, 2005) ou recorrem a corantes cuja cor se altera na presença de proteína em determinado pH. A recolha da amostra faz-se geralmente com recurso a uma zaragatoa, porém outros testes permitem o uso de tiras. A sua sensibilidade poderá ser maior ou menor que o teste de ATP-bioluminescência, consoante o tipo de sujidade em questão. Outros testes menos usados recorrem à pesquisa de compostos como o NAD (nicotinamida adenina dinucleotídeo), à glucose ou lactose e outros hidratos de carbono.

Os métodos microbiológicos incluem várias técnicas. Nos métodos de recolha indirecta, o uso de zaragatoa é, provavelmente, o mais antigo e mais utilizado método para monitorização da limpeza de superfícies (Lelieveld, Mostert & Holah, 2005). A técnica consiste em recolher os microrganismos presentes na superfície e posteriormente proceder à cultura da amostra, contagem das unidades formadoras de colónias e, eventualmente proceder à identificação de espécies presentes caso se pretendam efectuar testes mais específicos. A técnica pode variar com o operador, o que pode comprometer a reprodutibilidade. Esta é uma limitação ao uso do teste, assim como a necessidade de esperar algumas dezenas de horas para a obtenção de um resultado. A eventual existência de biofilmes nas superfícies, representa também um desafio pois nem sempre se consegue a sua correcta representação na amostra. Os métodos de recolha directa, são mais adequados para superfícies lisas e planas, onde o contacto está facilitado. Consistem basicamente em fazer contactar um meio de cultura sólido, contido numa placa de Petri ou aderido às duas faces de uma lâmina de plástico, com a superfície a testar. Os microrganismos são directamente transferidos para o meio de cultura. Segue-se a incubação e contagem. A identificação das espécies presentes, à semelhança do método anterior, é também uma possibilidade.

Este método pode facilitar a recolha dos microrganismos, pois não existe a necessidade, como no caso da zaragatoa, de os arrastar para o meio de cultura com recurso a uma solução apropriada. Funciona bem em superfícies com características adequadas, poderá apresentar reprodutibilidade mais fácil mas poderá também subestimar o número de microrganismos quando a superfície apresenta uma elevada contaminação.

As vantagens da realização deste tipo de controlos, excedem em larga escala os custos associados quer ao tempo dispendido, quer aos equipamentos, materiais e mão-de-obra qualificada necessária, pois permitem a prevenção da ocorrência de diversos problemas como toxinfecções alimentares ou redução da validade dos produtos. Mas, e acima de tudo, a falta de controlo e monitorização poderá implicar perda de certificação das empresas, bem como a quebra da confiança dos consumidores.

1.7. *Design* higiénico das instalações e dos equipamentos

As instalações de produção devem ser planeadas e construídas de modo a facilitar e tornar mais eficaz e rentável todo o processo de produção. A projecção dessas instalações, muito mais do que responder a necessidades arquitectónicas, deve obedecer a um *design* que assegure que a sua higienização não se torna num processo complexo, penoso, e de eficácia duvidosa. Os equipamentos de produção, bem como todas as superfícies adjacentes não são excepção, devendo a sua concepção ter em conta a frequência das operações de limpeza necessárias. Um *design* higiénico deve, então, ser tido em conta para reduzir ao máximo o risco de contaminação alimentar (Lelieveld, Mostert & Holah, 2005).

De uma forma geral, devem considerar-se algumas indicações. As superfícies presentes nos vários equipamentos devem ter um acesso fácil que permita a realização das operações de limpeza, uma vez que as superfícies não acessíveis poderão constituir um bom local para a acumulação de sujidade e consequente sobrevivência microbiana, devendo ter a mínima rugosidade necessária e não permitir a acumulação de matéria orgânica. De igual modo, todos os materiais que contactam com os alimentos devem ser inertes e não porosos. Todo o equipamento deve ser fácil de desmontar, as suas junções devem estar justas e não devem apresentar frestas e fendas, que permitam a acumulação de sujidade e favoreçam a multiplicação bacteriana. Não devem permitir a acumulação de água de ou de outras matérias. Os lubrificantes e outras substâncias necessárias ao funcionamento dos equipamentos nunca devem impedir a sua correcta higienização ou contactar com os alimentos. A concepção do equipamento deverá ser o mais simples possível, privilegiando as peças maiores e com menor dificuldade de montagem e evitando que algumas partes se possam destacar e misturar com os alimentos.

As instalações devem ser de fácil acesso para se proceder à limpeza, e devem permitir uma boa inspecção visual.

Os produtos não devem estar parados na linha de produção, de modo a reduzir as possibilidades de contaminação e deterioração.

A projecção das instalações deverá reduzir a hipótese da ocorrência de locais onde a limpeza apresente dificuldade.

As instalações que requerem mais exigência higiénica, como as salas brancas, deverão estar identificadas como tal e separadas fisicamente de outras zonas.

Os desperdícios produzidos são encaminhados para locais adequados, evitando a sua acumulação, e permitindo que a posterior higienização seja mais fácil.

O escoamento das águas de limpeza deverá ser eficaz e rápido, sem zonas de estagnação.

O uso de caleiras e ralos, bem como de uma ligeira inclinação dos pavimentos são boas soluções.

A implementação de um plano de auto-controlo baseado no sistema HACCP deverá ser previsto e o *design* das instalações e equipamentos deverá ter isso em conta.

A aplicação destas regras depende da zona em questão, tendo sido definidas pela *Chilled Food Association* (2002):

1. Zona alimentar: superfícies que contactam directamente com os alimentos
2. Zona de salpicados: áreas onde podem ocorrer salpicos ou projecções de alimentos, que em condições normais de produção não voltam a ser incorporados.
3. Zona não alimentar: áreas que em nenhuma situação entram em contacto com o alimento.

Todas estas medidas devem ser aplicadas antes da construção dos espaços e linhas de produção, pois caso contrário a sua implementação posterior será mais difícil e terá custos mais elevados. A manutenção de um elevado nível de higiene na indústria alimentar é decisivo para a qualidade microbiológica dos alimentos. Este objectivo só será conseguido com uma correcta adequação de todos os espaços físicos.

1.7.1. A corrosão

Como consequência da utilização dos equipamentos de produção e em parte dos procedimentos de limpeza e desinfecção, pode ocorrer corrosão em diversas instalações e utensílios, o que danifica os materiais, compromete a sua resistência e durabilidade e poderá constituir uma fonte de contaminação para os alimentos (Leveau & Bouix, 2002).

A corrosão pode incidir sobre diversos tipos de material quer sejam metálicos, como os aços ou as ligas de cobre, ou não metálicos, como plásticos e materiais cerâmicos.

A exposição a diferentes compostos químicos e diferentes condições de temperatura e humidade provoca a deterioração dos materiais. Alguns alimentos, devido às suas características, são também capazes de induzir corrosão, como é o caso do leite.

No que diz respeito à indústria alimentar, e no sentido de evitar as suas consequências nefastas, o fenómeno de corrosão deve ser reduzido ou evitado, quer utilizando materiais adequados e resistentes, quer pelo uso de agentes anticorrosivos ou pela promoção de uma correcta passivação antes da utilização dos metais na produção.

A passivação consiste em fazer passar um ácido com capacidade oxidante, como o ácido nítrico, nas tubagens e equipamentos de modo a que os elementos como o crómio e o níquel reajam com o ácido, formando-se uma camada superficial de óxidos aderentes, alterando o potencial electroquímico da superfície e impedindo a sua corrosão. Este processo pode ser utilizado em diversos metais e ligas. Se esta camada passiva for comprometida a corrosão ocorre e a produção ficará comprometida, já que o funcionamento dos equipamentos é comprometido. A contaminação dos alimentos é também um perigo real, uma vez que as pequenas fendas e desníveis que podem ocorrer nas superfícies

corroídas podem com facilidade alojar matéria orgânica e permitir a formação de biofilmes que terão grande capacidade de contaminar os alimentos durante a produção.

Segundo Wildbrett (2006) a prevenção da corrosão passa pela escolha de materiais mais adequados aos processos, pela sua correcta conjugação, projecção de instalações onde as acumulações de água e humidade sejam mínimas e finalmente pelo uso de inibidores de corrosão, especialmente quando o meio corrosivo é líquido. Os inibidores são geralmente compostos químicos adicionados ao detergente ou desinfectante que promovem polarização anódica ou catódica ou são formadores de película e aumentam a resistência ao contacto das áreas anódicas e catódicas. No caso do alumínio este cuidado é decisivo, pois este metal apresenta elevada capacidade de corrosão. Quando os silicatos são incorporados nas soluções alcalinas de limpeza formam uma película que impede o contacto do alumínio com a solução de limpeza, impedindo a corrosão.

A limpeza e a desinfecção devem ser adequadas às necessidades, para que os fenómenos de corrosão sejam minimizados. As concentrações, temperaturas e forças mecânicas não devem ser superiores ao necessário para o objectivo pretendido, não apenas por questões económicas e ambientais mas também para fomentar uma maior durabilidade dos materiais.

2. O Leite

2.1. Enquanto alimento

O leite é definido, de acordo com o Regulamento CE nº1234/2007, como o “ produto da secreção mamária normal, proveniente de uma ou mais ordenhas, sem qualquer adição ou extracção”. É um alimento básico que tem como função primordial satisfazer a totalidade das necessidades nutricionais dos mamíferos na primeira etapa das suas vidas. A sua composição inclui macro e micronutrientes essenciais ao organismo que fornecem não só energia como também o substrato para o crescimento. Na fase de colostro, o leite contém ainda imunoglobulinas, capazes de conferir protecção à cria.

Contudo, e apesar de ser um alimento com características específicas para um determinado período da vida dos mamíferos, as suas valências nutricionais permitem-lhe desempenhar também um papel importante na alimentação do adulto e adolescente (Federation Nacional Industrias Lacteas [FENIL], 2005b), apesar de nem sempre as suas características serem apropriadas a algumas necessidades fisiológicas específicas. Todavia, embora o leite tenha características comuns, a sua composição varia de acordo com diferentes parâmetros como a espécie/raça (Tabela 13), a dieta do animal produtor, fase da lactação, área geográfica e, no que diz respeito à transformação, com as características dos diferentes produtos e lacticínios existentes.

Tabela 13 – Composição do leite de algumas espécies (valores em %)

	Proteína Total	Caseína	Proteína do Soro	Lípidos	Glúcidos	Cinza
Mulher	1,2	0,5	0,7	3,8	7,0	0,2
Vaca	3,5	2,8	0,7	3,7	4,8	0,7
Égua	2,2	1,3	0,9	1,7	6,2	0,5
Búfala	4,0	3,5	0,5	7,5	4,8	0,7
Cabra	3,6	2,7	0,9	4,1	4,7	0,8
Ovelha	5,8	4,9	0,9	7,9	4,5	0,8

Adaptado de Tetra Pak, 1995

Os macronutrientes (lípidos, proteínas e glúcidos) existentes no leite fornecem a energia e compostos estruturais para os processos anabólicos, como o crescimento e manutenção do organismo. A proteína do leite tem elevada qualidade nutricional já que apresenta uma boa digestibilidade, bem como uma composição adequada em aminoácidos essenciais (European Association for Animal Production [EAAP], 2005). Os lípidos presentes no leite, apesar de fornecerem uma parte importante da energia disponível, poderão ainda assim não apresentar um correcto balanço entre compostos saturados e insaturados relativamente às necessidades nutricionais do Homem, nomeadamente no que diz respeito às doenças cardiovasculares como a doença coronária (EAAP, 2005).

Os micronutrientes (vitaminas, minerais e microelementos) são compostos que não fornecem energia e actuam como biocatalizadores em muitas vias metabólicas presentes no organismo.

O complexo vitamínico B, está bem patente na constituição nutricional do leite, bem como a vitamina A, D e E. O cálcio, mineral presente no leite em grande quantidade, tem elevada importância pois o leite representa uma importante fonte deste mineral (EAAP, 2005). Outros minerais estão de igual modo presentes no leite, tais como o magnésio, o zinco e o fósforo, entre outros. Há ainda a realçar o facto de alguns produtos tecnológicos, em especial os queijos tradicionais, possuírem elevadas quantidades de sal na sua pasta, sendo que o seu consumo conduz à absorção de elevados níveis de sódio para o organismo.

No que diz respeito à riqueza nutricional, o leite (FENIL, 2005a):

- possui na sua constituição uma vasta gama de nutrientes, dos quais apenas o ferro está em níveis deficitários;
- possui um rácio correcto entre os principais nutrientes: lípidos, proteínas e glúcidos;
- é uma boa fonte de Zinco, Vitamina A e Vitamina B2, bem como de outros micronutrientes.

A sua transformação permite ainda a obtenção de diferentes produtos lácteos que abrangem diferentes hábitos de consumo, bem como diferentes necessidades dos consumidores.

Actualmente, considera-se que a riqueza nutricional do leite não se baseia apenas nos nutrientes tradicionais mas também na presença de moléculas bioactivas, parcial ou totalmente sintetizadas no epitélio mamário, as quais poderão ser responsáveis por muitas das acções benéficas do leite (Ward & German, 2004).

Os oligossacarídeos presentes no leite (galactooligosacarídeos) são um exemplo deste tipo de moléculas que tornam o leite um exemplo natural de uma dieta prebiótica dos mamíferos durante a infância. Os prébióticos são componentes não digeríveis dos alimentos que beneficiam o hospedeiro estimulando de forma específica o crescimento e/ou actividade de um limitado número de bactérias no tracto gastrointestinal, exercendo assim um efeito benéfico para a saúde (Scholz- Ahrens et al., 2007).

Entre as funções desempenhadas pelos galactooligosacarídeos, destacam-se:

1. O efeito antibacteriano devido ao crescimento de bactérias do género *Bifidobacterium* que, produzindo ácidos como produtos finais do seu metabolismo, baixam o pH intestinal (Gibson & Roberfroid, 1995);
2. O efeito imunomodulador de certos componentes da membrana basal das bifidobactérias, que promove o ataque a células malignas (Gibson & Roberfroid, 1995);

3. A estimulação da absorção intestinal de cálcio em mulheres pós-menopausa (van den Heuvel, Schoterman & Mujs, 2000).

Um outro tipo de moléculas, com capacidades biológicas diferenciadas, é o caso de alguns lípidos presentes no leite de vaca. De acordo com Parodi (1997), o ácido linoleico conjugado, a esfingomielina e o ácido butírico, entre outros, possuem características que lhes conferem propriedades antineoplásicas, apesar de utilizarem variados mecanismos para este efeito.

O leite pode, desta forma, ser considerado um alimento com grande potencial nutricional, não só pela presença de macronutrientes e micronutrientes mas também biomoléculas.

Os diferentes alimentos que dele derivam, com as suas distintas características, permitem diversas aplicações nutricionais e apresentações comerciais que conferem ao leite e seus derivados grande importância na alimentação.

2.2. Elementos biológicos do Leite

Além dos constituintes referidos, o leite possui ainda na sua constituição diversos elementos celulares, mesmo que a sua recolha seja feita de forma asséptica. A origem e o tipo destas células é diverso, bem como o modo como podem influenciar a qualidade do leite.

Uma das origens destas células é o próprio organismo do animal produtor. Algumas células da glândula mamária e do sangue que nela circula acabam por chegar ao leite, em maior ou menor quantidade. Linfócitos e Polimorfonucleares (PMN) são alguns exemplos, bem como as células epiteliais. A observação microscópica dos leucócitos, a sua identificação e caracterização, permite avaliar a higiene do leite (Veisseyre, 1972). Certos leites anormais ou patológicos podem ainda apresentar outros tipos de células distintas das anteriores.

Outras células presentes no leite têm origem nos microrganismos que se encontram no canal do teto e, em casos de doença, nos microrganismos que colonizam o epitélio mamário (Veisseyre, 1972). Estes tipos celulares podem variar bastante e conferir diferentes características ao leite. Muitos dos microrganismos encontrados no leite têm ainda origem em contaminações diversas que ocorrem durante a sua manipulação. Os tipos de microrganismos que o leite apresenta são sobretudo bactérias (formas vegetativas e esporuladas) e fungos (leveduras e bolores).

As bactérias presentes no leite podem variar bastante, incluindo as potencialmente patogénicas. São capazes de desenvolver uma actividade bioquímica considerável, podendo, através das suas enzimas, degradar de forma importante muitos dos constituintes do leite, nomeadamente através dos fenómenos de fermentação. As principais responsáveis por estes fenómenos são as bactérias lácticas, ou bactérias ácido-lácticas, grupo assim denominado porque se encontra com frequência nos lactícínios e tem como um dos produtos finais do metabolismo dos hidratos de carbono, o ácido láctico (Tetra Pak, 1995).

Este composto é responsável pelas qualidades e características organolépticas dos alimentos em que está presente e tem também uma grande importância tecnológica em muitos lacticínios.

As bactérias lácticas constituem um grupo heterogêneo com algumas características gerais (Makarova *et al*, 2006):

- Gram +, não esporuladas
- Microaerófilas
- Fermentam os açúcares
- Existem em diversos ambientes
- São utilizados em numerosos processos da indústria alimentar

As Enterobacteriaceas, bactérias de origem fecal, são um dos grupos mais importantes na contaminação do leite, representando a sua presença uma má higiene na exploração e sugerindo uma contaminação fecal dos equipamentos com os quais o leite contacta (Jayarao *et al.*, 2004; Hayes *et al.*, 2001). A bactéria mais representativa deste grupo é a *Escherichia coli*.

Outros grupos de bactérias responsáveis pela alteração do leite são as bactérias propiônicas, como o género *Propionibacterium*, as bactérias butíricas, como as do género *Clostridium*, as bactérias proteolíticas, onde se incluem espécies do género *Bacillus*, no caso das esporuladas, e espécies como o *Staphylococcus aureus*, *Proteus vulgaris* e *Pseudomonas aeruginosa*, entre outras, no que diz respeito às bactérias não esporuladas. Muitas destas bactérias proteolíticas são psicotróficas, tendo a capacidade de sobreviver e principalmente de se multiplicar a baixas temperaturas (7°C ou até mesmo inferiores). Segundo Pierami & Stevenson (1975), existe uma forte correlação entre a população de bactérias psicotróficas presentes no leite e o seu período de validade, já que apesar de a refrigeração inibir o crescimento e multiplicação da maioria das bactérias, estas últimas são capazes de realizar o seu normal metabolismo e alterar o leite (Holm *et al.*, 2004).

Por fim, um outro grupo de bactérias que pode estar presente no leite e consequentemente nos lacticínios são as bactérias potencialmente patogénicas (Vasavada, 1988). De entre estas destacam-se, segundo a IDF/FAO (2004):

- ⇒ *Salmonella spp.*, uma das bactérias mais perigosas que pode ser veiculada pelo leite. Provocam diferentes quadros no ser humano, entre os quais se destacam a febre tifóide.
- ⇒ O *Mycobacterium bovis*, um dos agentes causadores de tuberculose animal e humana.
- ⇒ A *Brucella abortus* e a *Brucella melitensis*, dois dos agentes responsáveis pela brucelose humana, respectivamente de origem bovina e ovina.

- ⇒ A *Listeria monocytogenes*, bactéria ubiqüitária com especial importância em países desenvolvidos.
- ⇒ Outras bactérias de elevada patogenicidade podem igualmente estar presentes no leite, como são exemplo os *Streptococcus* e *Staphylococcus* responsáveis por muitas das mamites que ocorrem no gado leiteiro.

Apesar da importância que as bactérias têm na alteração do leite e na transmissão de processos infecciosos ao Homem, existem outros agentes com capacidade semelhante, nomeadamente os fungos. Os bolores têm a capacidade de se desenvolverem no leite no decurso da fermentação e à sua superfície devido à sua elevada actividade aeróbia. Por outro lado, as leveduras têm a capacidade de se desenvolver em meios com diferentes características, como diferentes queijos e até mesmo em leite condensado. A sua acção tem a capacidade de converter os açúcares em álcoois (Veisseyre, 1972).

2.3. A sujidade provocada pelo leite

A sujidade proveniente da manipulação e transformação do leite e seus derivados pode variar bastante na sua composição, dependendo do produto, condições de processamento e até mesmo do animal do qual o leite é proveniente. Os mais importantes componentes do leite são os açúcares (principalmente a lactose que é hidrossolúvel), as gorduras, as proteínas (do tipo hidrossolúvel e não hidrossolúvel) e os minerais, pelo que o leite deixa resíduos orgânicos e inorgânicos, aquando da sua passagem pelos diversos equipamentos de processamento.

A temperatura de processamento do leite ou dos diversos lacticínios, bem como o tempo que demora cada processo, desempenham um papel decisivo na composição da sujidade e na facilidade da sua remoção. Temperaturas mais elevadas ou processamento mais demorado originam em geral, maiores dificuldades de limpeza. Quando se utilizam temperaturas acima dos 60°C, os resíduos deixados pelo leite geram mais problemas (Merin, Gézan-Guiziu, Boyaval & Daufin, 2002).

Em função da temperatura, a composição dos resíduos do leite varia e, conseqüentemente, varia o método a utilizar para conseguir maior eficácia na sua limpeza. Os resíduos que se geram podem ser agrupados em função do processamento:

- **Refrigeração:** os resíduos provenientes da manutenção dos lacticínios no frio contêm uma elevada quantidade de açúcar (maioritariamente lactose) e gordura. A proteína está também presente em elevada quantidade. É um tipo de sujidade relativamente fácil de higienizar, apesar de ser necessário ter em conta todas as particularidades do processo.
- **Processamento a temperaturas médias ($\leq 76^{\circ}\text{C}$):** a temperatura mais elevada aumenta a solubilidade dos açúcares e gorduras e como tal, depositam-se em menor

quantidade nas superfícies com as quais contactam. A elevação da temperatura do leite aproxima a gordura do seu ponto de fusão, fazendo com que se torne mais solúvel, se mantenha mais facilmente em solução e facilitando a higienização. A componente proteica está de igual modo presente neste tipo de processamento.

- **Processamento a altas temperaturas** (> 76°C): é nesta gama de valores de temperatura de processamento que ocorre uma maior produção de resíduos nos equipamentos que contactam com o leite. Este fenómeno é especialmente importante entre os 85 e os 120°C. A desnaturação proteica é maior, bem como a formação de depósitos inorgânicos. Os açúcares presentes no leite caramelizam, especialmente nas superfícies mais quentes, dificultando a sua limpeza. A sujidade é também muitas vezes mais viscosa que nos casos anteriores, requerendo maiores cuidados na limpeza.
- **Processamentos de esterilização** (> 100°C): nesta categoria incluem-se não só o leite UHT e o leite esterilizado como também todos os laticínios que sofrem o mesmo tratamento térmico. A quantidade de resíduos acumulados a esta temperatura é muito elevada e difícil de remover. O seu teor proteico é mais baixo no intervalo 100-120°C mas por outro lado, a temperaturas de UHT (aproximadamente 140°C) a carga de sujidade inorgânica é maior. Estas temperaturas podem alterar bastante o leite e outros ingredientes, podendo até mesmo queimá-lo e produzir elevada quantidade de sujidade inorgânica.

Deste modo, pode concluir-se que:

1. Com o aumento da temperatura e tempo de processamento, o nível de deposição de resíduos aumenta significativamente, bem como se altera a sua composição.
2. A proteína desnatura-se com relativa facilidade e forma complexos com outros constituintes do leite, especialmente a elevadas temperaturas.
3. Os resíduos encontrados nos locais, onde a temperatura de processamento é mais elevada são, geralmente, de constituição maioritariamente mineral (pedra do leite).

A escolha do método e procedimento de limpeza adequado a cada situação é fundamental para que a limpeza e a desinfeção ocorram da melhor forma. O conhecimento do processo e das suas características é especialmente importante quando as temperaturas e tempo de processamento são mais elevados.

2.4. O sector leiteiro em Portugal

O sector leiteiro em Portugal possui diversas características e particularidades próprias. Sendo Portugal um país mediterrânico, será de esperar que o consumo de leite e seus derivados esteja culturalmente enraizado na população fazendo assim parte dos hábitos alimentares. De entre os vários lacticínios, o queijo obtido a partir do leite de vaca e também do leite de pequenos ruminantes adquire grande importância, quer pela quantidade consumida quer pela diversidade de tipos e variedades existentes, características das diversas regiões de Portugal. O iogurte e outros produtos fermentados têm igualmente uma grande relevância para a maioria das famílias portuguesas, da mesma forma que o leite em natureza, inteiro ou parcialmente desnatado, é indispensável na lista de compras.

Segundo os dados do Instituto Nacional de Estatística ([INE], 2001), relativamente ao período 1996-2000, a produção de leite de vaca em Portugal atingiu em 2000 um volume de 862 milhões de litros, representando um crescimento de 23% face a 1996. O leite UHT meio-gordo parece ser o mais consumido pelos portugueses tendo representado 59% do leite produzido em 2000, seguido do leite UHT gordo que representou 24% da produção total. Ocorreu alguma transferência da produção do leite gordo para meio-gordo, o que poderá revelar uma tendência dos consumidores para procurarem produtos que tenham menor quantidade de gordura. O leite UHT magro viu também neste período um aumento da sua produção, demonstrando esta mesma tendência. Os consumidores apresentam ainda uma maior preferência face aos leites UHT relativamente aos pasteurizados, talvez devido à sua maior validade e conservação à temperatura ambiente.

No que diz respeito aos derivados, o iogurte é o segundo produto com maior importância após o leite líquido, sendo que 73% da produção é constituída por iogurtes aromatizados.

Relativamente à nata, a mais representativa relativamente ao consumo é a nata UHT, apesar da nata pasteurizada representar também uma grande fatia do mercado.

A manteiga, que se mantém como um produto de elevada importância para o mercado, é em geral preferida com sal, e teve um crescimento de aproximadamente 40% no referido período. O queijo, sendo um produto de características muito variadas, consegue abranger diversas preferências do consumidor e hábitos de alimentação. O tipo de queijo mais produzido em Portugal neste período foi, de longe, o queijo de vaca tipo flamengo, representando 56% da produção total de queijos.

Todavia, o valor das vendas de todos estes produtos nem sempre corresponde ao volume produzido. O leite representava em 2000 cerca de 49% das vendas, seguido pelo queijo com 21%. No caso do queijo em particular, o valor das vendas não se deve propriamente ao seu volume de vendas, mas sim ao alto valor de mercado relativamente aos outros produtos. O iogurte com 17% das vendas encontrava-se na terceira posição, seguido da manteiga (7%) e nata (2%).

É de referir que Portugal apenas consegue suprir o consumo nacional no caso do leite e da manteiga. Todos os outros produtos apresentam uma balança comercial negativa. A vizinha Espanha é o maior fornecedor de lacticínios em terras lusas, sendo igualmente o destino de maior relevância das exportações realizadas.

Relativamente à produção de leite das diversas espécies utilizadas em Portugal, e ainda segundo dados do INE (2008) relativos ao período 2003-2007, os números não sofreram grandes alterações tendo a produção oscilado relativamente pouco. O leite de ovelha ocupa a segunda posição na quantidade de produção com cerca de 92 mil litros produzidos em 2008, seguido pelo leite de cabra com 27 mil litros produzidos. O leite de vaca representa cerca de 1 milhão e novecentos mil litros de leite produzidos anualmente, tendo representado em 2008 cerca de 94,1% da produção total de leite em Portugal.

2.5. Os lacticínios

O leite é um alimento nutricionalmente muito completo e que se encontra culturalmente bem inserido nos hábitos de consumo do mundo ocidental. Diferentes países e regiões apresentam diferentes preferências de consumo de leite e dos vários lacticínios existentes.

Sucintamente, os produtos mais importantes disponibilizados pela indústria do leite e lacticínios são:

1. **Leite tratado termicamente:** o leite passa por vários tratamentos até ser embalado e expedido para as cadeias de distribuição e revendedores. O teor em gordura é standardizado, isto é, é calibrado consoante se trate de leite magro, meio gordo ou gordo, e é normalmente homogeneizado para que os glóbulos de gordura não permaneçam em suspensão e não confluem à superfície. Por fim recebe um tratamento térmico, variável com a sua finalidade. O leite do dia é pasteurizado e posteriormente embalado, necessitando de refrigeração até ser consumido. Por outro lado, o leite UHT é ultrapasteurizado, tendo um prazo de validade alargado e não necessitando de refrigeração até ao seu consumo. O leite esterilizado é muitas vezes misturado com saborizantes como o chocolate e tem também um elevado prazo de validade.
2. **Manteiga:** a manteiga é obtida a partir da gordura do leite, a nata. Do processo de fabrico resulta uma emulsão do tipo água em óleo, a manteiga, a qual poderá ser de dois tipos: maturada ou doce. No primeiro caso, é adicionada uma cultura bacteriana específica à nata cujo desenvolvimento confere à manteiga as características de sabor e odor que lhe estão associadas. No segundo caso, este processo não ocorre. A manteiga é produzida a partir de nata pasteurizada e o produto final é sempre mantido refrigerado. Em Portugal a preferência recai sobre a manteiga maturada.
3. **Iogurte e outros leites fermentados:** sendo um produto obtido de leite fermentado, o iogurte tem as suas características próprias. Resulta da adição de uma cultura de

Streptococcus thermophilus e *Lactobacillus bulgaricus* (*starter*) ao leite previamente processado (pasteurizado e homogeneizado). A mistura obtida é colocada em condições de temperatura adequadas para que os microrganismos do *starter* se multipliquem e iniciem a fermentação da lactose, com posterior acidificação do meio pelo ácido láctico que é produzido durante este processo. O baixo pH dos leites fermentados inibe o crescimento de outros microrganismos que poderiam comprometer o processo. A menor quantidade de lactose que o iogurte e os leites fermentados apresentam poderão torná-los ideais para os consumidores que, sendo intolerantes à lactose, possam incluir os laticínios na sua dieta. A indústria oferece diversas variedades de iogurte e outros leites fermentados, desde aqueles de consistência mais firme, aos iogurtes líquidos, passando pelos batidos, aromatizados, com introdução de fruta, de compotas, e ainda com a introdução de outros ingredientes.

4. **Queijo:** o queijo é outro produto derivado do leite cuja história é já muito antiga e comum a várias culturas. Sendo um bom meio de conservar o leite por longos períodos e um produto organolepticamente apetecível, mantém o seu sucesso até aos dias de hoje. Muitas vezes é um produto característico de certas regiões que se encontra intimamente associado à cultura da zona, pelo que, ainda que mantendo uma estrutura base, o seu processo de fabrico pode variar com o tipo de queijo que se pretende obter. Ao leite, inteiro ou parcialmente desnatado e por vezes pasteurizado e mantido à temperatura conveniente, é adicionado o coalho, de origem animal, vegetal ou de síntese bacteriana, e/ou uma cultura bacteriana. Por acção das enzimas presentes no coalho ou do desenvolvimento microbiano, dá-se a coagulação das proteínas do leite, principalmente a caseína, formando-se uma massa de sólida, a coalhada. A coalhada é separada do soro e mais ou menos trabalhada, sendo depois colocada em cinchos. Os queijos permanecem em condições adequadas de humidade e temperatura, durante tempo variável, em função do tipo de cura pretendido.
5. **Outros laticínios:** muitos outros produtos são obtidos tendo como base o leite. Desde logo o requeijão, obtido da precipitação das albuminas e globulinas pelo aquecimento do soro obtido no fabrico do queijo. O leite em pó, o leite condensado, os gelados de leite e nata, as sobremesas lácteas e os muitos outros tipos de produtos fermentados à base de leite, estão incluídos neste grupo.

2.6. A implementação do HACCP e a melhoria das condições de higiene no sector leiteiro

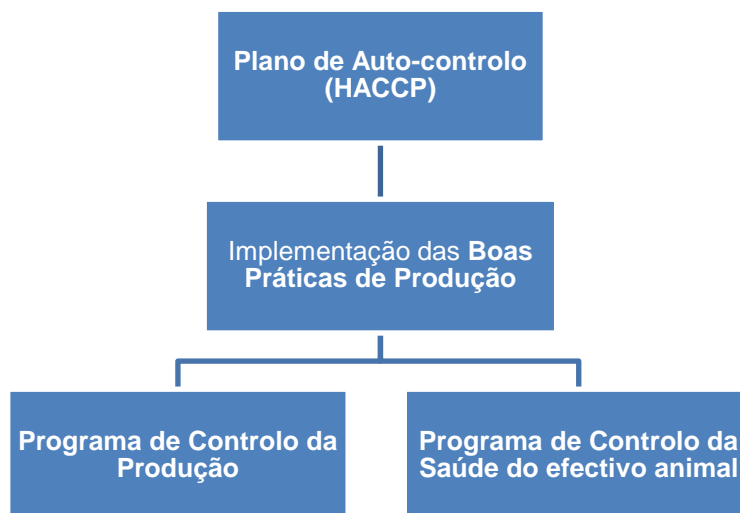
A implementação de uma metodologia de *Hazard Analysis and Critical Control Point* (HACCP) no sector do leite é sem dúvida uma ferramenta útil para controlar os eventuais perigos que possam surgir durante a produção e transformação.

De acordo com o Regulamento CE nº852/2004, a legislação europeia prevê que os operadores das empresas do sector alimentar implementem a metodologia HACCP. Contudo, e devido à grande diversidade deste sector, parece fundamental que haja bastante flexibilidade nesta implementação. Se, por um lado, a indústria leiteira pode encarar esta metodologia como uma forma de melhorar a sua produção e garantir alguns benefícios, o produtor de leite desconhece em muitos casos a existência deste tipo de metodologia. Mais, as características da própria metodologia encontram-se mais adaptadas ao ambiente fabril comparativamente à produção primária, criando assim problemas na sua implementação em toda a cadeia de produção. O referido Regulamento afirma que “a aplicação dos princípios da análise dos perigos e do controlo dos pontos críticos (HACCP) à produção primária não é ainda exequível de um modo geral. No entanto, os códigos de boas práticas deverão incentivar a utilização das práticas higiénicas adequadas nas explorações agrícolas”. A higiene representa por isso um passo indispensável para a posterior implementação desta metodologia.

As orientações existentes nas Boas Práticas de Produção (BPP) vêm desta forma responder à necessidade de informar os produtores acerca do melhor modo orientar a sua produção, para que assim consigam uma melhoria efectiva do seu produto e consequente valorização do produto. “Deve-lhes ser dada a possibilidade de acrescentar valor à sua matéria-prima através da adopção de métodos de produção que satisfaçam as necessidades da indústria e dos consumidores” (International Dairy Federation/Food and Agriculture Organization [IDF/FAO], 2004). Apesar das BPP representarem elas próprias directrizes, que quando aplicadas aproximam a produção leiteira de um modelo mais próximo do ideal, para que a aplicação das BPP seja correcta é necessário que alguns requisitos estejam cumpridos (Figura 12). Destacam-se neste ponto a rastreabilidade dos animais presentes na exploração através da sua identificação individual e registo de movimentações, o registo dos medicamentos e químicos usados (agrícolas e veterinários), bem como dos alimentos adquiridos para a alimentação animal e de todas as intervenções e tratamento veterinários realizados. Devem também ser mantidos registos da temperatura de armazenamento do leite nos tanques da exploração. Por outro lado, deve existir uma forma de assegurar que os operadores que laboram na exploração, assim como os seus supervisores têm conhecimentos adequados sobre manejo animal, ordenha e a sua higiene, administração de medicamentos veterinários e sobre a relação entre o manejo na exploração e a higiene e segurança alimentar.

Além dos requisitos acima citados, o acompanhamento da exploração de um médico veterinário adquire especial importância, não só no tradicional domínio da clínica através dos cuidados médicos e acções de sanidade necessárias, mas possivelmente através da implementação de um programa de controlo da produção e saúde do efectivo animal. Segundo Silva & Noordhuizen (2007), este tipo de programas deve auxiliar o gestor da empresa produtora de leite no processo de decisão. Estes programas de controlo da produção e de saúde animal compreendem 3 componentes básicos: monitorização de rotina do efectivo animal, análise de problemas e a sua resolução e tomada de acções preventivas. Cada programa deve ser adequado à vacaria em questão, apesar de possuir uma base geral. A implementação destes programas é não só uma mais-valia económica e produtiva, mas também uma base indispensável para uma boa implementação das BPP e maior garantia de sucesso.

Figura 12 – Implementação de Plano de Auto-Controlo no Sector Primário



Adaptado de Silva & Noordhuizen, 2007

Neste contexto, e tendo em conta que a vacaria é o primeiro elo da longa cadeia de produção dos lacticínios, poderá ser ponderada a implementação de um plano de auto-controlo quando todos os requisitos anteriores estão cumpridos. De entre os vários problemas que a implementação de um sistema HACCP na exploração terá de ponderar, pode salientar-se o grande número de diferentes entidades potencialmente patogénicas presentes na exploração comparativamente à indústria, a presença desses agentes nos animais domésticos e silvestres que apresentam um difícil controlo na exploração ou até mesmo a fácil contaminação fecal dos solos e água, muitas vezes devida ao processo utilizado de remoção dos dejectos animais da exploração (Baines, Ryan & Davies, 2004).

A higiene da exploração adquire contornos de extrema importância para suportar toda esta estrutura produtiva e garantir que toda a produção decorre dentro do estabelecido. Apesar de não existir actualmente obrigatoriedade da existência de um plano de auto-controlo no

sector primário, deverão ser desenvolvidos esforços nesse sentido uma vez que a sua implementação está prevista pela Comissão Europeia.

Relativamente ao processamento e transformação do leite em ambiente industrial, a garantia de higiene é conseguida através da adopção das Boas Práticas de Fabrico e especificamente, das Boas Práticas de Higiene. Assim, e como terá que acontecer no sector primário, é da adopção das boas práticas que provêm as condições higiénicas necessárias para a implementação de um plano de HACCP. Estas práticas prevêm, segundo a Associação Nacional dos Industriais do Lacticínios (2002), que a higiene seja conseguida através do cumprimento de medidas e indicações diversas que abordam diferentes campos e contemplam não só a limpeza e desinfeção das unidades fabris como também aspectos tão distintos como a formação, higiene pessoal, rastreabilidade e até mesmo o controlo da qualidade. Conclui-se que a higiene da indústria dos lacticínios não está apenas ligada aos óbvios procedimentos de limpeza mas também a outras áreas. O sistema de HACCP irá deste modo encaixar de modo perfeito numa indústria que cumpre todos estes requisitos.

2.7. A produção primária

A expectativa do consumidor face à qualidade do leite e seus derivados é alta. Contudo, o leite tem origens diversas, as quais podem dificultar o processo de obtenção de um produto com as características requeridas, nomeadamente no caso do leite de pequenos ruminantes. A produção e o processamento de leite seguro e de elevada qualidade começam obviamente na produção primária.

No que ao leite de vaca diz respeito, a maioria é produzido em vacarias tecnologicamente desenvolvidas, em que muitos procedimentos se encontram automatizados, de modo a reduzir custos e aumentar a segurança do leite. A ordenha mecânica, a limpeza mecânica dos parques e o uso de equipamentos distribuidores de alimentação aos animais, reduzem a necessidade de mão-de-obra e tornam todo o processo de produção mais eficiente, mais higiénico e consequentemente economicamente mais rentável. A produção do leite de vaca já é, de um modo geral, suportada por um processo de boa qualidade. Todavia, uma boa parte do leite produzido, especialmente no caso dos pequenos ruminantes, provém de sistemas não tão avançados. O leite de ovelha e cabra é muitas vezes obtido de forma mais artesanal e utilizado em pequenas unidades de produção, onde o principal produto obtido é o queijo. A menor dimensão destas explorações e queijarias, comparativamente às que processam o leite de vaca, nem sempre pode proporcionar condições económicas para o investimento em melhores e mais automatizados métodos de produção e sistemas de higienização. Ainda assim, a produção leiteira deverá ser uma actividade sustentável e ter como objectivos, além do intuito de produzir riqueza, proteger o consumidor e o ambiente garantindo a produção de matérias-primas isentas, tanto quanto possível, de perigos, seguras e de qualidade.

2.7.1. Fontes de contaminação do leite e o comprometimento da sua Higiene:

O leite é um produto virtualmente estéril quando é produzido pelos alvéolos do úbere (IDF/FAO, 2004). É geralmente após esta fase que ocorre a contaminação, não só por microrganismos como também por diversas substâncias e materiais, pelo que a produção primária deve evitar as diversas fontes de contaminação. O leite pode contaminar-se em qualquer ponto do seu processo de produção ou na transformação nas diversas indústrias que o utilizam como matéria-prima. No caso das vacarias, as maiores fontes de contaminação do leite poderão ser (Food Standards Agency, 2006):

1. Contaminação fecal proveniente de animais com tetos, úberes e zonas adjacentes que se encontrem visivelmente sujas.
2. Contaminação bacteriana devido a uma incorrecta ordenha, mãos do operador contaminadas e equipamento incorrectamente higienizado antes de se proceder à ordenha.
3. Leite anormal (devido a processo infeccioso), não detectado e incorporado no depósito de leite.
4. Partículas, poeira, pequenos insectos, pêlo animal e material das camas.
5. Produtos químicos, medicamentos de uso veterinário, entre outros.

A contaminação deverá ser prevenida e reduzida ao máximo para o que contribui decisivamente uma higiene cuidada e adequada. O conhecimento da rastreabilidade dos medicamentos utilizados, aditivos e alimentos disponibilizados poderá auxiliar igualmente esta tarefa.

Apesar das fontes de contaminação serem diversas, as 3 principais e aquelas às quais se deverá dar maior importância são o equipamento de ordenha, a superfície do teto e o interior do úbere (Holm, Jepsen, Larsen & Jespersen, 2004).

2.7.2. A Sala de ordenha e o equipamento de ordenha mecânica:

Além de todos os cuidados dispensados no bem-estar animal, a sala de ordenha é um espaço de extrema importância para a higiene do leite (Figura 13). A sua localização e

Figura 13 – Sala de Ordenha (Original)



construção devem ser projectadas de modo a satisfazer as necessidades da vacaria onde será implementada. A zona envolvente da área de ordenha deverá também ela permitir uma boa higiene, assim como todos os pavimentos, tectos, paredes e superfícies que a constituem. Uma ventilação e iluminação adequadas são de igual modo factores importantes. A água utilizada nos diversos procedimentos deverá ser potável, ou suficientemente limpa e isenta de matéria orgânica, de acordo com a finalidade. A análise regular da água, caso esta tenha origem em captação própria, é um ponto importante para conseguir uma boa higiene desta zona da vacaria. A presença de água

quente, bem como equipamento próprio para proceder à lavagem e desinfectação das mãos, e outros objectos necessários, como os equipamentos de protecção individual (botas, aventais, etc.), é também extremamente desejável. As instalações adjacentes à sala de ordenha, nomeadamente de apoio ao pessoal que aí labora, deverão ter sanitários e vestiários apropriados que permitam uma correcta higiene pessoal, um ponto-chave na higiene de toda a exploração.

No que diz respeito à ordenha, deverá ser efectuada com técnica adequada e os operadores deverão ser treinados para este efeito. Esta operação adquire pontualmente uma elevada importância já que permite detectar possíveis problemas nos animais leiteiros, que poderão ter uma influência directa na qualidade do leite ou indirectamente na saúde animal.

Assim, para garantir a maior higiene, a ordenha deve ser executada tendo em conta as seguintes premissas:

- Os tetos, úbere e zonas adjacentes devem ser limpos evitando a aglomeração de sujidade.
- Todos os tetos devem ser higienizados, inclusive aqueles que não se apresentam visualmente sujos.
- Os produtos destinados à prevenção de mamites devem ser usados de acordo com as instruções do fabricante. Podem ser usados antes e/ou depois da ordenha. Por uma questão de fácil identificação, aqueles usados após a ordenha devem apresentar uma cor forte, que permita reconhecer os animais aos quais o produto já foi aplicado. A clorohexidina, o iodo e o cloro estão entre as moléculas mais usadas na composição destes produtos (Bray et al, 1983).
- O leite anormal, quando identificado, deve ser separado e não pode ser usado na alimentação humana. O desperdício do primeiro jacto de leite é uma boa prática para que o leite possa ser inspeccionado. Este pequeno gesto permite a detecção de mamites, a remoção do leite possivelmente contaminado com microrganismos presentes no canal do teto e estimula a posterior ejeção do leite.
- Os animais que estão a produzir leite impróprio para a alimentação humana, devem ser claramente identificados. Deverão ser ordenhados após todos os outros, seguindo-se uma perfeita higienização dos equipamentos e da sala de ordenha. Em alternativa, o leite destes animais poderá ser recolhido em equipamentos apenas com este fim, não necessitando de ser ordenhados no final.
- O equipamento de ordenha deve ser mantido sempre limpo, com as diferentes peças que o compõem em bom estado de conservação. O uso de sistemas de limpeza CIP é o mais recomendado e eficiente, apresentando os melhores resultados.
- A sala de ordenha, bem como a zona envolvente, devem ser mantidas limpas. As camas não devem ser mudadas durante a ordenha, especialmente se se encontrarem próximas da sala. As partículas libertadas das camas, bem como as existentes na sala, podem ser aspiradas pelo equipamento de ordenha contribuindo para a contaminação do leite.
- As mãos e antebraços do operador devem ser lavados e porventura desinfectados antes da ordenha, e assim se devem manter durante o processo. Quaisquer feridas existentes nas mãos, devem ser higienicamente tapadas. As roupas e equipamentos de protecção devem estar limpos.

2.7.3. Os robots de ordenha e a ordenha automática:

Cada vez mais utilizados, estes equipamentos (Figura 14) permitem efectuar uma ordenha totalmente mecânica. Além das diversas vantagens produtivas e de manuseio que possui, este sistema permite que a ordenha seja efectuada de um modo automático, estando deste modo

Figura 14 – Máquina de Ordenha Automática (Original)



isenta de erros que os operadores possam cometer. A higiene dos tetos é efectuada sempre de um modo correcto, bem como a colocação das tetinas, a aplicação de produtos preventivos para mamites e a separação do leite com características anormais. É certo que todos estes procedimentos estão dependentes de uma programação efectuada no robot, da qualidade do algoritmo e das próprias limitações mecânicas e funcionais do equipamento e, em especial, do modelo em questão. A ordenha, contudo, processa-se de forma muito linear e geralmente sem sobressaltos. A conformação dos úberes e tetos deverá ser o mais uniforme possível, para facilitar a colocação das tetinas e encurtar o tempo dispendido na ordenha. Os robots efectuem sempre uma lavagem correcta dos tetos e, se necessário, a aplicação de preventivos para as mamites.

Apesar de tudo, a qualidade higiénica do leite assim obtido nem sempre é tão boa comparativamente a outros sistemas de ordenha. Segundo Klungel, Slaghuis & Hogeveen (2000), as contagens bacterianas realizadas nas amostras de leite de explorações

comerciais que usam este método são superiores às encontradas na ordenha mecânica. A transmissão de agentes patogénicos responsáveis pelas mamites poderá ser maior neste tipo de ordenha (Klungel et al., 2000)

A sua limpeza e desinfecção são efectuadas por um sistema CIP, definido à partida pelo fabricante do equipamento. As indicações expressas em cada modelo deverão sempre ser respeitadas, não só por questões de manutenção, como também de eficácia da limpeza. Comparativamente ao CIP utilizado em outros equipamentos de ordenha, este permite alguma poupança de água e produtos, já que os circuitos a limpar são mais curtos e a limpeza mais rápida, apesar de mais frequente.

2.7.4. Higiene dos tetos e controlo de mamites

A higiene dos tetos representa, sem dúvida, um aspecto decisivo da rotina diária de uma vacaria. Muitos problemas poderão ocorrer quando a higiene não é a melhor. Um dos mais importantes será a ocorrência de um maior número de infecções mamárias e, conseqüentemente, uma quebra quantitativa e qualitativa da produção leiteira. A mamite, especialmente a mamite subclínica, é actualmente considerada por vários autores como a doença que acarreta maiores custos no gado leiteiro, quer pelas quebras de produção a que pode conduzir (Ruegg & Reinemann, 2002) quer produção de leite de menor qualidade e conseqüente menor bonificação no pagamento pela indústria, o que significa perdas acrescidas (Hayes *et al.*, 2001).

Ocorrências como o trauma dos tetos, infecções sistémicas, factores ambientais desfavoráveis (humidade e temperatura), más condições da máquina de ordenha, entre outros, podem comprometer a integridade do teto e/ou aumentar a probabilidade de penetração de bactérias no seu canal e assim aumentar a ocorrência de mamites (Hayes *et al.*, 2001; Jayarao *et al.*, 2004; Riekerink, Barkema & Stryhn, 2007). Dos vários métodos disponíveis para avaliar a presença de infecção mamária, um dos mais utilizados baseia-se no aumento do número de células somáticas presentes no leite. Este teste permite avaliar a presença de inflamação no úbere e indirectamente avaliar o estado de saúde da glândula mamária. Quando o número de células encontrado é elevado, está a decorrer um processo inflamatório na glândula, geralmente devido à presença de um agente infeccioso (Ingawa, Adkinson & Gough, 1992). Este teste permite assim aferir, indirectamente, o estado da mama mas também a qualidade do leite produzido.

A infecção da glândula mamária pode ocorrer durante a ordenha ou, por outro lado, em qualquer outra altura do dia (Neave, Dodd, Kingwill & Westgarth, 1969). Existem, por isso, procedimentos de higiene associados à prevenção das mamites na ordenha e outros associados à diminuição da contaminação patogénica do meio onde os animais se movimentam. No que diz respeito à ordenha, algumas das rotinas recomendadas para reduzir este problema incluem a desinfecção do úbere, o uso de toalhetes individuais nos

tetos, a desinfecção das tetinas e a aplicação nos tetos de soluções preventivas de mamites (Moxley *et al.*, 1978). A técnica utilizada pelo operador, bem como os seus cuidados de saúde e higiene são também medidas importantes para prevenir a transmissão de agentes patogénicos entre animais e assim perpetuar o problema. A máquina de ordenha pode ela própria constituir um problema, já que além de ser a fonte de transmissão de alguns agentes pode ter uma acção bastante negativa na pele e integridade dos tetos, a qual pode provocar a ocorrência de fissuras e calos, bem como a desidratação da pele (Neijenhuis *et al.*, 2001). A desinfecção dos tetos pode mesmo ser considerada como uma acção chave no controlo da ocorrência de mamites (Bjorland, Sunde & Waage, 2001; Pankey *et al.*, 1984).

Relativamente aos restantes períodos do dia, não devem ser negligenciadas a higiene e limpeza das camas e dos locais por onde os animais circulam. Estes factores são de elevada importância na prevenção deste problema. A presença de microrganismos nos locais onde os animais se deitam, em especial nas camas, pode ser decisiva para que ocorra a transmissão de agentes patogénicos. Os materiais inorgânicos, como a areia, são preferíveis a materiais orgânicos, pois segundo Hogan *et al.* (1989) estes materiais alojam menor número de bactérias e como tal, ao contactarem com os tetos diminuem as hipóteses de colonização do canal do teto, o qual é, na maioria dos casos, a porta de acesso dos microrganismos à glândula mamária. A disponibilidade e preço dos materiais nem sempre é a mais desejável, ficando a cargo do produtor decidir qual a melhor solução para o seu caso. Uma incorrecta higiene do animal e em especial dos tetos tem assim consequências directas sobre o leite. Segundo Vissers *et al.* (2006), a sujidade presente nos tetos tem a capacidade de contaminar o leite durante a ordenha, já que esta fica no interior das tetinas, arrastando grande número de microrganismos. O papel da higiene é decisivo, pois a diferença entre a contaminação que ocorre numa exploração correctamente higienizada e uma exploração em más condições de higiene pode ser enorme.

As mamites podem adquirir elevada importância no âmbito da viabilidade económica da exploração e, como tal, a sua prevenção deve ser alvo de algum investimento por parte do produtor. A higiene de toda a exploração é decisiva para a prevenção e, se for o caso, resolução deste problema.

2.7.5. Limpeza e desinfecção das instalações

A higiene das instalações é, como já foi visto, um procedimento indispensável ao bom funcionamento e saúde da exploração. Infelizmente as características produtivas do sector leiteiro não permitem as vantagens do sistema “all-in all-out”, utilizado noutros sistemas de produção. Deste modo, a limpeza tem de ser efectuada com os animais na exploração e com todas as dificuldades que este processo pode acarretar. Há que ter em conta, ainda, que a configuração de cada exploração em particular é diferente, não existindo por isso um método que possa ser aplicado de um modo generalizado. Várias condicionantes espaciais, arquitectónicas e até mesmo geológicas/geográficas terão por vezes de ser ponderadas, nomeadamente no tratamento dos chorumes. Se se acrescentarem razões de ordem económica, é perceptível que nem todas as explorações permitirão um nível de higiene elevado. Apesar de todas estas condicionantes, os produtores deverão ter em conta que um programa de higienização deve funcionar 24 horas por dia para maximizar a produção, a qualidade do leite e o controlo das mamites (Pankey, 1988). Se por um lado as explorações leiteiras extensivas, onde a ordenha é feita com equipamento portátil, não requerem

Figura 15 - Exploração correctamente dimensionada (Original)



cuidados exigentes com a higiene dos pisos e instalações, por outro lado, as explorações de vocação mais intensiva requerem eficazes sistemas de drenagem de líquidos e sólidos, limpeza de camas, cubículos, bebedouros e manjedouras, bem como de algumas paredes e tectos que estejam expostos. O correcto dimensionamento do número de camas para o número de animais deverá ser correcto e adequado

para que, além dos eventuais problemas de bem-estar animal, os sistemas de remoção e tratamento dos chorumes sejam adequados ao planeado (Figura 15).

O tipo de sujidade presente nas instalações é, em geral, maioritariamente orgânico, com origem nos próprios animais, constituído por fezes e urina, bem como pelos materiais utilizados nas camas. Ocorrem, também, outros tipos de resíduos muito específicos como o sangue, placentas, corrimentos vaginais e outros tipos de material com risco infeccioso, como por exemplo o pús. A limpeza deve ter em conta todos estes tipos de resíduos e ser eficaz na sua remoção. A desinfecção das instalações poderá ser ponderada quando as condições para tal estão reunidas e o seu resultado final justifica o investimento. Um exemplo que poderá justificar uma limpeza mais cuidadosa e uma eventual desinfecção é o

parque destinado aos partos, onde a higiene deverá estar assegurada, não só para bem-estar e segurança do vitelo, mas também para que o período produtivo da mãe não seja comprometido por uma mamite (Chassagne, Barnouin & Le Guenic, 2005) ou metrite contraída nesta fase precoce do período produtivo.

Os materiais aplicados na construção das instalações deverão tanto quanto possível, e tendo em conta o seu custo, ser laváveis, duradouros e isentos de locais onde possam ocorrer graves deposições de matéria orgânica. Desta forma e tendo em conta o processo em si, a limpeza e desinfecção das instalações deve processar-se do seguinte modo:

1. **Preparação da Limpeza:** remoção da sujidade de maiores dimensões e preparação das instalações a limpar. As fezes e outros resíduos devem ser removidos, de preferência com recurso a equipamentos mecânicos. O material das camas deve ser retirado e os tapetes preparados para a limpeza. Os restos de alimentos devem ser removidos, bem como a água dos bebedouros. Os animais devem ser colocados noutra área para que a limpeza se efectue de um modo seguro e com o menor risco. Os detergentes, desinfectantes e outros produtos e equipamentos utilizados devem ser verificados antes da sua utilização.
2. **Limpeza:** nesta fase do procedimento deve recorrer-se a um equipamento próprio para o efeito. Os equipamentos que produzem jactos de água a elevada pressão são uma boa solução pois permitem efectuar as diversas fases do procedimento com elevada eficácia e comodidade, já que promovem uma boa remoção da sujidade orgânica. Os equipamentos de produção de espuma são também uma boa solução pois reduzem o consumo de água, promovem um elevado tempo de contacto e visualmente permitem uma fácil inspecção. A lavagem manual pelo operador poderá também ser uma opção, especialmente em zonas de difícil acesso. Qualquer que seja o equipamento utilizado é sempre necessário o enxaguamento inicial das instalações, de preferência a quente, que irá remover uma grande parte da sujidade orgânica aí presente. Seguidamente deverá ser aplicado o detergente, por exemplo sob a forma de espuma. A sua escolha deverá recair sobre um produto moderadamente alcalino, que tenha na sua constituição tensioactivos e, caso necessário, algum agente sequestrante se a água utilizada tiver uma dureza elevada. A concentração utilizada, bem como o tempo de contacto deverá estar de acordo com as indicações do fabricante do produto de limpeza. A temperatura aplicada deverá estar próxima dos 40°C. Este tipo de detergentes aplicado em espuma funciona especialmente bem nas zonas onde a sujidade já se apresenta há algum tempo, nomeadamente onde esta teve oportunidade de secar, como em paredes e metais das *logettes*. Seguidamente é efectuado novo enxaguamento, a frio ou a quente, que remova a restante sujidade e o detergente. Deve deixar-se secar a água que permanece, antes de introduzir os animais ou efectuar uma desinfecção.

3. **Desinfecção:** Este passo poderá ser necessário ou apenas facultativo. A necessidade da breve reintrodução dos animais no local nem sempre permitirá efectuar-lá. Porém, caso exista uma elevada prevalência de um determinado agente na exploração, a desinfecção deverá ser efectuada nas instalações. Vários produtos poderão ser utilizados, com bons resultados. Os compostos de amónio quaternário poderão ser uma boa solução. Apresentam um espectro alargado e boa eficácia. O hipoclorito de sódio poderá também ser uma alternativa especialmente se as razões económicas forem decisivas.

Os rodos (Figura 16), presentes na maioria das explorações leiteiras de carácter intensivo, são uma boa solução para promover uma limpeza diária e frequente do piso dos parques

Figura 16 - Rodos para limpeza dos parques (Original)



onde os animais se encontram.

Vários sistemas e soluções são possíveis de implementar. De referir apenas, que os cortes que geralmente são efectuados no piso, a fim de impedir que os animais escorreguem, devem estar colocados de modo longitudinal a fim de facilitar a remoção da sujidade. O espaço que permanece entre cada um dos cortes deverá ser adequado ao tamanho das unhas dos

animais. A zona destinada à colocação do alimento composto deverá ser alvo de limpeza. A utilização de tintas laváveis poderá ser uma boa alternativa para que a limpeza seja fácil e rápida (Figura 17).

As fossas de recolha do chorume devem estar bem dimensionadas para o número de animais da exploração para que não ocorra acumulação excessiva de chorumes. A higienização das instalações passa, então, por uma série de procedimentos, como a remoção dos

dejectos e outros tipos de matéria orgânica com a frequência necessária, bem como pela renovação dos materiais das camas. Uma limpeza mais profunda, com lavagem e

Figura 17 - Tinta lavável nas majedouras (Original)



desinfecção, poderá ser agendada com uma frequência apropriada à exploração para que o nível de sujidade aí presente não se acumule demasiado, dificultando posteriores acções de higienização, comprometendo a higiene e actividade produtiva e o bem-estar dos animais.

2.7.6. Limpeza e desinfecção dos equipamentos

2.7.6.1. Circuito do leite

O leite sai da glândula mamária e a sua qualidade é preservada através de uma higienização correcta do circuito e do manuseamento dos equipamentos. O circuito que o leite percorre desde que deixa o úbere até atingir o tanque de refrigeração é por vezes longo, podendo variar com o tipo de ordenha utilizado e com as características da máquina de ordenha. Estas últimas possuem diferentes configurações desde as mais portáteis, que funcionam de modo independente com o seu próprio reservatório, passando por outras dotadas de grande mobilidade mas que ainda assim estão ligadas a um circuito de leite e de vácuo, até às grandes máquinas de ordenha que estão fixas e bem implementadas numa sala apropriada, onde os animais se deslocam para a ordenha, equipamento que é, desde longe, o mais utilizado em Portugal.

O circuito que o leite efectua até ao tanque de recolha é geralmente o seguinte:

- 1. Saída pelo canal do teto até as tetinas**
- 2. Entrada nas tubagens da máquina de ordenha e no seu circuito**, até um pequeno reservatório ou medidor que regista o leite produzido por cada vaca em cada ordenha.
- 3. Chegada ao tanque reservatório.** Logo após recolha o leite deverá ser arrefecido até +6°C (preferencialmente +4°C) e posteriormente armazenado. O arrefecimento poderá ser efectuado apenas no equipamento de armazenamento ou antes disso, em equipamento apropriado.
- 4. Armazenamento em tanque até à recolha pela cisterna.** O leite é mantido à temperatura programada até ser recolhido.

A limpeza de todo este equipamento, nomeadamente da máquina de ordenha pode ser efectuada de formas distintas. A limpeza manual caiu já em desuso, pois consome muito tempo sem que os resultados sejam os melhores. A limpeza através de

Figura 18 - Mesa das tetinas (Original)



fluxo invertido é também uma opção. Neste caso, faz-se circular uma solução de limpeza pelas tubagens do leite, em sentido contrário. Este processo pressupõe a existência de equipamento, como um tanque, onde seja colocada a solução de limpeza que é bombeada para o circuito. Este tipo de limpeza acarreta elevados custos já que quer a água quer a solução de limpeza utilizadas perdem-se para o exterior. Por fim, o método que oferece melhores resultados e maior eficiência económica é o sistema CIP. É um sistema geralmente programável e que possui elevado grau de automatismo e eficácia. A limpeza de todo o circuito do leite, à excepção do tanque de refrigeração e armazenamento deve ser efectuada impreterivelmente após cada ordenha, de modo a remover todos os

resíduos deixados pelo leite. O CIP permite limpar de forma independente os diversos circuitos existentes, limpando em separado a máquina de ordenha e os

Figura 19 – Unidade CIP (Original)



tanques de armazenamento. No final da ordenha, o circuito da máquina de ordenha fecha-se e, colocando as tetinas na mesa das tetinas (Figura 18), faz-se a admissão das soluções de limpeza do CIP, que circula nas tubagens sem que ocorra perda e possibilitando a recirculação das soluções. Este sistema de limpeza tem, também, muitas vezes incorporada uma bomba para injeção de ar a fim de proporcionar um fluxo mais turbulento (maior acção mecânica) e desta forma uma melhor limpeza. A pequena unidade CIP (Figura 19) poderá ou não ter capacidade de doseamento, e tem na maioria dos casos um pequeno programa que define os passos e tempos de passagem das várias soluções.

Para que a higienização se proceda de um modo eficaz e rentável, o CIP deverá ser efectuado de um dos seguintes modos:

Com recurso a um agente alcalino, um ácido e um desinfectante:

1. Enxaguamento com água quente, aproximadamente a 40°C, durante 5 a 10 minutos.
2. Passagem de uma solução de limpeza de pH alcalino, a uma temperatura de 75°C, durante 20 a 30 minutos.
3. Enxaguamento com água, à temperatura ambiente, durante 10 a 15 minutos.
4. Passagem de uma solução desinfectante, à temperatura ambiente, durante 10 a 15 minutos, como por exemplo um composto clorado (Hipoclorito de Sódio)
5. Enxaguamento com água potável, à temperatura ambiente, durante 10 minutos.
6. Semanalmente, deverá ser realizada a passagem de uma solução ácida a uma temperatura de 65°C, durante 15 a 20 minutos com um posterior enxaguamento com água, à temperatura ambiente, durante 10 a 15 minutos.

Este último passo (6) deverá ser realizado depois do ponto 3, devendo seguir-se o ponto 4, exactamente do mesmo modo como é realizado nos restantes dias da semana.

Com recurso a uma solução alcalina de passagem única e um desinfectante:

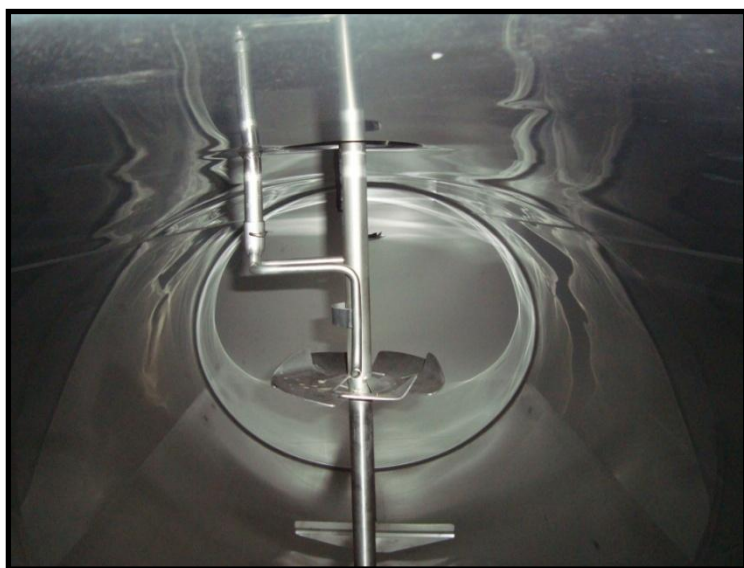
1. Enxaguamento com água quente, aproximadamente a 40°C, durante 5 a 10 minutos.
2. Passagem de uma solução alcalina de limpeza de fase única a uma temperatura de 75°C durante 20 a 30 minutos (substitui a passagem da solução ácida)
3. Enxaguamento com água potável, à temperatura ambiente, durante 10 a 15 minutos.
4. Passagem de uma solução desinfectante, à temperatura ambiente, durante 10 a 15 minutos, como por exemplo um composto clorado (Hipoclorito de Sódio).
5. Enxaguamento com água potável, à temperatura ambiente, durante 10 minutos.

Este sistema de limpeza tem, desta forma, algumas particularidades devido ao facto de a sujidade ser removida com alguma facilidade, pois o leite encontra-se sempre a baixas temperaturas, permitindo alguma flexibilidade nos vários parâmetros da limpeza. Os tempos do CIP podem ser relativamente curtos. Muitas zonas de difícil acesso pelo fluxo do CIP deverão ser inspeccionadas periodicamente especialmente em equipamentos mais antigos. O fluxo deverá cumprir as recomendações do fabricante do equipamento e as concentrações dos diversos produtos devem ser verificadas e estar de acordo com o objectivo pretendido porque, caso contrário, a limpeza poderá ficar comprometida.

2.7.6.2. Tanque de recolha

Este equipamento, apesar de estar interposto no circuito do leite, é geralmente limpo em tempos distintos da máquina de ordenha já que armazena o leite de várias ordenhas. Cada exploração necessitará de equipamento com volume adequado à sua produção e ao armazenamento necessário até à recolha do leite. Existem vários tipos de tanques, com várias capacidades e dimensões. O leite quando sai da glândula mamária está a aproximadamente 37°C, sendo necessário arrefecê-lo até temperaturas de refrigeração. Em explorações de menor produção, o arrefecimento do leite é efectuado nos tanques de

Figura 20 – Equipamento limpeza interior do tanque (Original)



armazenamento, que possuem o equipamento necessário para esse efeito. Em explorações de maior dimensão existe equipamento próprio (permutadores de calor) para efectuar o arrefecimento do leite até +4°C antes de o armazenar no tanque de recolha, que apenas tem de manter a temperatura de refrigeração.

Os tanques de maior dimensão são limpos com um sistema CIP com recurso a *spray-balls* e

torniquetes colocadas no seu interior (Figura 20), e por outro lado, os tanques de menor dimensão são muitas vezes higienizados por um operador, que se encarrega de uma

Figura 21 - Tanque limpo manualmente (Original)



limpeza manual (Figura 21).

Neste caso, deve recorrer-se a um detergente aplicado a uma temperatura que permita o manuseamento por parte do operador (aproximadamente 50°C). Pode ser usada uma solução ligeiramente alcalina e deve permitir-se um tempo de contacto com o equipamento de, pelo menos, 10 minutos. O enxaguamento final deve ser efectuado com água potável. A

desinfecção com um composto clorado e posterior enxaguamento, poderão ser ponderados. Por outro lado, os tanques que estão incorporados no sistema CIP são limpos de forma automatizada. Esta limpeza deve ser efectuada imediatamente após a recolha do leite, devendo ser iniciada por alguém responsável da exploração ou, em alguns casos, pelo operador da cisterna de recolha. Tratando-se, como no caso da máquina de ordenha, de equipamento que apenas contacta com o leite a frio, o procedimento de limpeza em muito se assemelha ao anterior:

Com recurso a um agente alcalino, um ácido e um desinfectante:

1. Enxaguamento com água quente, aproximadamente a 40°C, durante 5 a 10 minutos.
2. Passagem de uma solução de limpeza alcalina a uma temperatura de 75°C, durante 20 a 30 minutos.
3. Enxaguamento com água, à temperatura ambiente, durante 10 a 15 minutos.
4. Passagem de uma solução desinfectante, à temperatura ambiente, durante 10 a 15 minutos, como por exemplo um composto clorado, caso exista necessidade.
5. Enxaguamento com água potável, à temperatura ambiente, durante 10 minutos.
6. Semanalmente, deverá ser realizada a passagem de uma solução ácida a uma temperatura de 65°C, durante 15 a 20 minutos, a fim de remover quaisquer depósitos inorgânicos conhecidos como pedra do leite, com um posterior enxaguamento com água, à temperatura ambiente, durante 10 a 15 minutos.

Este último passo (6) deverá ser realizado depois do ponto 3, devendo seguir-se o ponto 4, exactamente do mesmo modo como é realizado nos restantes dias da semana.

Para além da higienização da superfície interna dos tanques, estes devem periodicamente ser limpos exteriormente, bem como toda a sala que os alberga. A unidade CIP deverá ser mantida em boas condições e deverão, também periodicamente, ser verificada e aferida a eficácia dos procedimentos de limpeza. Nunca deverão ser utilizados produtos de limpeza cuja formulação não é adequada ao equipamento, correndo o risco de o danificar e comprometer a produção e qualidade do leite.

2.7.6.3. Cisterna de transporte

Este veículo é responsável pela recolha do leite em diversas explorações e pelo transporte para a indústria onde continuará o processamento. As recolhas são feitas com base na produção, podendo ser mais ou menos frequentes. É conectada tubagem apropriada à válvula de saída do tanque de armazenamento e inicia-se a entrada do leite na cisterna. Neste processo é registado o volume de leite recolhido e é retirada uma amostra para análise, nomeadamente para a contagem do número de células somáticas presentes.

A cisterna mantém o leite refrigerado até à chegada à indústria onde é descarregado.

A limpeza deste tipo de equipamento é também realizada com um sistema CIP. Deverá ser realizada no final do descarregamento do leite na indústria, ou após um determinado número de horas de trabalho, sendo que o tanque não deve permanecer vazio durante muito tempo, entre transportes.

Deverá ter-se também em conta a limpeza da tubagem que efectua as ligações, bem como de equipamento, como o usado para recolher amostras, e algumas válvulas interpostas no sistema. A limpeza do tanque recorre a *spray-balls* e torniquetes colocados no interior. A execução do CIP é geralmente realizada em instalações próprias, que possuem uma unidade de CIP que alimenta a cisterna a ser limpa. Caso a unidade seja dedicada à limpeza apenas das cisternas, o procedimento deverá ser adaptado ao tipo de sujidade, visto não ser um tipo particularmente difícil de limpar, podendo assim retirar algumas contrapartidas económicas de menores tempos de passagem e menores concentrações de produtos, sem que a eficácia seja comprometida. Podem ser efectuados dois tipos de CIP com objectivos diferentes. Um deles terá como destino a limpeza diária da cisterna e o segundo uma limpeza mais periódica, possivelmente semanal.

Limpeza Semanal:

Com recurso a um agente alcalino, um ácido e um desinfectante:

1. Enxaguamento com água quente, aproximadamente a 40°C, durante 5 minutos.
2. Passagem de uma solução de limpeza de pH alcalino, a uma temperatura de 60°C, durante 10 minutos.
3. Enxaguamento com água potável, à temperatura ambiente, durante 5 minutos.
4. Passagem de uma solução ácida, por exemplo à base de ácido nítrico, a uma temperatura de 65°C, durante 10 minutos.
5. Enxaguamento com água potável, à temperatura ambiente, durante 5 minutos.
6. Passagem de uma solução desinfectante, à temperatura ambiente, durante 10 minutos, como por exemplo um composto clorado.
7. Enxaguamento com água potável, à temperatura ambiente, durante 5 minutos.

Em alternativa, a limpeza semanal poderá ser efectuada com recurso a apenas um produto ácido, cuja formulação inclua grande concentração de sequestrantes e tensioactivos de

modo a remover toda a sujidade orgânica e inorgânica em apenas um passo (CIP de fase única), com posterior desinfecção.

Limpeza Diária:

Com recurso a uma solução alcalina

1. Enxaguamento com água quente, aproximadamente a 40°C, durante 5 minutos.
2. Passagem de uma solução de limpeza de pH alcalino, a uma temperatura de 60°C, durante 10 minutos.
3. Enxaguamento com água potável, à temperatura ambiente, durante 5 minutos.

Os tempos de passagem da água e soluções detergentes, as concentrações das soluções e desinfectantes e as temperaturas referidas são apenas indicativas, não tendo um carácter fixo. Em cada caso poderão ser adaptadas estas variáveis tendo em conta os resultados das análises realizadas ao leite.

A diferença entre a limpeza semanal e diária assenta apenas no facto de não existir necessidade de efectuar uma remoção da sujidade inorgânica (pedra do leite) com uma frequência tão grande como a sujidade orgânica. Assim sendo, é possível utilizar o produto ácido apenas semanalmente, bem como efectuar uma desinfecção com menor frequência. A alternativa do CIP de fase única é uma hipótese válida que deverá ser apreciada e cuja eficácia deverá ser verificada caso a caso.

2.8. A indústria

As unidades fabris de processamento do leite possuem grande diversidade de equipamentos, de produtos processados e produzidos e operam a altas temperaturas, às quais o leite é submetido. Estas razões fazem com que a indústria necessite de importantes cuidados na sua higienização. O presente trabalho não pretende abordar todos os tipos de equipamentos e instalações utilizadas na indústria, no fabrico de todos os lacticínios, mas apenas alguns dos usados mais frequentemente.

2.8.1. A recepção do leite

O leite chega à indústria de diversas formas. A mais usual será o transporte em cisterna. Todavia e apesar de estar cada vez mais em desuso, as bilhas representam ainda uma das formas utilizadas para transportar o leite até ao seu destino, nomeadamente no que diz respeito ao leite de pequenos ruminantes. Estas últimas devem ser higienizadas logo após cada utilização através de um procedimento OPC. O processo deve conter os seguintes passos:

1. Enxaguamento à temperatura ambiente com água limpa.

2. Lavagem por esfrega, com recurso a uma solução de alcalinidade média a uma temperatura próxima a 50°C.
3. Enxaguar com água potável à temperatura ambiente.
4. Lavagem com uma solução ácida, por exemplo à base de ácido fosfórico, a fim de evitar a acumulação de incrustações inorgânicas (pedra do leite). Este passo deve ser efectuado periodicamente, consoante o uso dado às bilhas. A temperatura utilizada deverá estar próxima de 35°C.
5. Enxaguar com água potável.

A higienização da cisterna de transporte foi abordada anteriormente

2.8.2. Tratamentos gerais do leite

Independentemente do tipo de lacticínio, existem processos que lhes são comuns, desde o leite UHT até ao queijo ou até mesmo à produção de gelados de leite, apesar de cada uma das tecnologias ter as suas particularidades. A preparação do leite antes da sua utilização na formulação de cada produto é um exemplo de um conjunto de processos partilhados, em geral, na indústria dos lacticínios.

Seguidamente irá ser abordado, de forma não exaustiva, o equipamento a que cada um destes processos recorre, com o objectivo de melhor compreender cada um e entender como se deve proceder à sua higienização.

2.8.2.1. Os tratamentos térmicos do leite

2.8.2.1.1. Termização

Este processo é por vezes utilizado quando se pretende aumentar o tempo de conservação do leite cru, antes do processamento. O processo, que permite aumentar o tempo conservação do leite, deve apenas ser aplicado em casos especiais e pontuais, visto que por razões higiénicas, o leite deve ser pasteurizado o mais rapidamente possível. Na termização recorre-se a um permutador de calor no qual o leite é aquecido até aproximadamente 63- 65°C durante 15 segundos. Este binómio tempo/temperatura não inactiva a fosfatase alcalina, sendo por isso possível verificar que o leite não sofreu pasteurização (Tetra Pak, 1995). O leite deve, em seguida, ser rapidamente arrefecido até aos +4°C a fim de prevenir a multiplicação de microrganismos.

2.8.2.1.2. Pasteurização Baixa / Alta

A pasteurização é muito possivelmente um dos processos tecnológicos mais amplamente aplicados aos lacticínios. A sua utilização garante, através da destruição dos microrganismos patogénicos, uma elevada segurança para o consumidor.

Após definição de um correcto binómio tempo/temperatura, que difere no caso da pasteurização baixa e alta, realiza-se tratamento térmico A

Figura 22 – Permutador de placas (Original)



pasteurização baixa, actualmente só aplicada em casos pontuais, faz uso de tanques de aquecimento, por outro lado, a pasteurização alta, amplamente utilizada, recorre a um permutador de calor. Estes últimos equipamentos podem ser de dois tipos: permutadores de calor directos – onde o veículo que transporta o calor,

geralmente vapor de água, contacta directamente com o leite e os permutadores de calor indirectos – mais utilizados na indústria de lacticínios, onde o veículo que transporta o calor, geralmente água, e o leite estão separados por uma placa de metal. A pasteurização recorre geralmente a permutadores indirectos, sendo os mais utilizados os permutadores de placas (Figura 22) e os permutadores tubulares (Figura 23).

Figura 23 – Permutador tubular (Original)



No primeiro caso, o permutador consiste num conjunto de placas em inox justapostas que são colocadas num suporte e apertadas até que estejam com a pressão desejada para o processo. A água e o leite circulam em placas distintas e em sentidos opostos até que se atinja a temperatura pretendida durante o tempo programado. No mesmo permutador, em diferentes fases procede-se ao aquecimento (pasteurização) e ao

posterior arrefecimento do leite. No segundo caso, o permutador tubular consiste num conjunto de tubos onde circula água aquecida e leite para que ocorra a troca de calor. É um modelo menos eficiente que o primeiro, contudo consegue operar durante mais tempo sem necessidade de limpeza.

Ambos podem ser utilizados para a pasteurização do leite, e até mesmo de outros produtos de maior viscosidade, como as natas. No caso da pasteurização baixa, o leite é aquecido até 63°-65°C e assim mantido durante 30 minutos e logo arrefecido. Na pasteurização alta recorre-se a temperaturas de 72°-75°C durante 15 a 20 segundos, com posterior arrefecimento (Tetra Pak, 1995).

2.8.2.1.3. Tratamento UHT

Este tratamento térmico é utilizado quando se pretende um prazo de validade alargado para alguns produtos, como é o caso do leite UHT. Esta sigla, que significa *Ultra High Temperature*, caracteriza bem este tipo de pasteurização. Utilizando uma temperatura muito elevada, cerca de 135-140°C, durante um curto espaço de tempo, cerca de 2 segundos, consegue-se um leite comercialmente estéril. Este leite requer um enchimento asséptico e complexas medidas de higiene para que não ocorra recontaminação após o processo. Este tratamento térmico obtém-se tanto nos permutadores indirectos, como nos permutadores directos (Tetra Pak, 1995).

2.8.2.2. Outros processos tecnológicos

2.8.2.2.1. Centrifugação

A centrifugação consiste num processo de separação de vários constituintes do leite, aplicando uma força centrífuga elevada, a qual separa as várias fracções que constituem o leite segundo um gradiente de densidade.

A sua utilização na indústria dos lacticínios tem diversos fins (Tetra Pak, 1995):

- clarificação (remoção das impurezas do leite, antes da pasteurização);
- desnatagem (separação da nata presente no leite inteiro);
- padronização da concentração de gordura no leite;
- separação dos constituintes do soro do leite;
- bactofugação (separação das bactérias presentes no leite).

Os tipos de equipamentos capazes de realizar estes procedimentos encaixam-se em 3 categorias: os clarificadores (separam os sólidos presentes no leite, como partículas de sujidade, células do úbere, leucócitos e eritrócitos), os separadores (separam a nata de menor densidade, do leite inteiro de maior densidade) e os equipamentos para bactofugação (remoção de bactérias e esporos presentes no leite). Existem equipamentos capazes de realizar a clarificação e separação simultaneamente (Figura 24).

Nos clarificadores, o leite inteiro entra na zona inferior do equipamento e ascende até à zona superior. Os sólidos migram através dos discos da centrifuga e acabam por sair pela zona periférica, sendo removidos de forma manual ou automática, em intervalos determinados, para que o processo continue a decorrer. Os separadores são capazes, segundo uma programação pré-definida, de separar a gordura presente no leite, com uma concentração definida. A principal diferença entre um clarificador e um separador reside na configuração dos discos, cujo número de orifícios varia. O separador possui estes orifícios alinhados verticalmente, o que permite a separação da gordura do leite. Muitos dos equipamentos são capazes de simultaneamente separar os sólidos presentes no leite e também de separar a gordura (nata).

A bactofugação funciona exactamente com o mesmo princípio, tendo em conta que as bactérias possuem uma densidade maior

que o leite, e como tal, podem ser removidas deste modo. Este método é particularmente útil para os esporos bacterianos, por vezes resistentes à pasteurização. Desta forma, é possível aumentar a qualidade microbiológica do leite, nomeadamente quando utilizado para o fabrico de queijos (Tetra Pak, 1995).

Figura 24 - Centrifugador/Clarificador



2.8.2.2.2. Homogeneização

Este processo tem como objectivo estabilizar os glóbulos de gordura do leite. A homogeneização consiste em submeter o leite a uma pressão elevada, num curto período de tempo, o que leva à rotura dos glóbulos, contribuindo assim para a redução do seu tamanho e aumento da estabilidade da emulsão, retardando a coalescência da gordura na superfície do leite, ou seja, a formação de nata (Tetra Pak, 1995).

O homogeneizador funciona com base neste princípio. Dentro de uma câmara move-se um pistão, alimentado por um motor eléctrico, que ao realizar um movimento de vaivém, aumenta a pressão no interior da câmara reduzindo o tamanho dos glóbulos de gordura. A homogeneização poderá ser total ou parcial e muitas vezes é realizada em duas fases distintas, sendo que estes casos são utilizados em produtos que requerem uma menor viscosidade e têm uma elevada concentração de gordura. O produto obtido é mais estável, tem melhores propriedades organolépticas e um aspecto mais homogéneo. Este processo é geralmente utilizado antes da pasteurização final dos produtos lácteos.

2.8.2.2.3. Filtração por membranas

O sistema de filtração por membranas (Figura 25) é utilizado em diversas aplicações da indústria alimentar, sendo que a indústria dos laticínios representa uma das suas principais aplicações (Smith & Bradley, 1987), nomeadamente na concentração de leite para a

produção de alguns queijos e na separação das

proteínas do soro do leite e sua concentração.

As propriedades físico-químicas de cada membrana variam. No entanto, ao passarem através de membranas semi-permeáveis a alguns dos seus compostos, as partículas que constituem o leite são separadas de acordo com o seu tamanho molecular e forma. A força

que impulsiona todo o processo é a pressão aplicada ao sistema (Hiddink, Boer & Nooy, 1980). Vários processos se enquadram nesta tecnologia, nomeadamente (Tetra Pak, 1995):

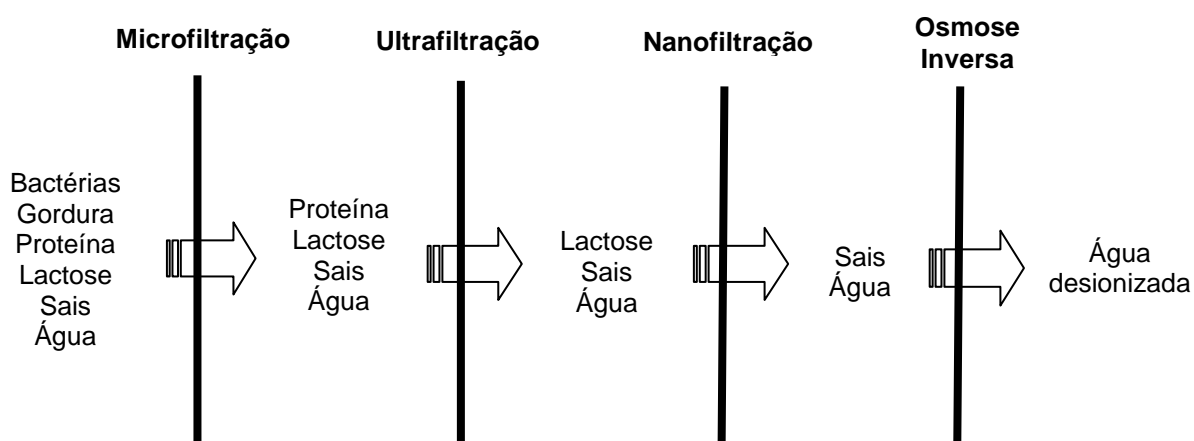
1. Osmose Inversa – tem a capacidade de concentrar um produto removendo parte da sua água de constituição.
2. Nanofiltração – promove a remoção parcial de alguns minerais presentes no leite, como acontece por exemplo com o sódio.
3. Ultrafiltração – concentração de moléculas de grande tamanho.
4. Microfiltração – remoção de bactérias.

Figura 25 – Sistema de filtração por membranas



A filtração decorre ao fazer com que a substância a filtrar, passe através de uma ou mais membranas com determinadas características, aplicando uma pressão adequada ao processo. A fracção que atravessa a membrana denomina-se “permeado” e a que permanece, “retentado”. Segundo a técnica utilizada, poderão ser seleccionados os constituintes do leite a filtrar. A figura 26 resume e associa algumas aplicações para as 4 tecnologias disponíveis.

Figura 26 – Valências de cada uma das tecnologias de filtração (Original)



Como se pode verificar, existem capacidades de filtração que são comuns a diferentes métodos, pelo que se verifica alguma flexibilidade e polivalência neste tipo de procedimento. A escolha da membrana é, por isso, de elevada importância pois muitas vezes é o factor decisivo para o resultado final da filtração. A configuração de cada um dos equipamentos disponíveis varia bastante. Uma das hipóteses possíveis é a disposição das membranas em placas ou num suporte semelhante aos dos pasteurizadores de placa. O líquido a filtrar é forçado a entrar no sistema através do aumento da sua pressão, passando através de diversas membranas, até que se obtenha apenas o seu permeado. Neste caso, as membranas usadas são constituídas por polímeros. Uma outra configuração possível é a disposição tubular das membranas. Este tipo de filtração recorre a largos tubos em inox que possuem no seu interior outros pequenos tubos perfurados dispostos longitudinalmente, também eles em inox, onde a membrana pode encaixar. O líquido a filtrar é então forçado, pelo aumento da pressão, a entrar numa extremidade e sair na oposta. A composição das membranas utilizadas pode variar e assim permitir diferentes aplicações. Dois tipos de membranas são compatíveis com este sistema tubular: as membranas poliméricas e as membranas cerâmicas. As primeiras são utilizadas em Osmose Inversa e Ultrafiltração, e as últimas, por exemplo, em Microfiltração.

Por fim, existe ainda a hipótese de dispor as membranas de filtração em espiral. Este tipo de filtração recorre à disposição de duas membranas intercaladas com um tecido polimérico permeável ao permeado. Este "trio" é disposto em espiral sobre um tubo em inox, que se apresenta perfurado. O líquido a filtrar é então admitido por uma das extremidades desta estrutura tubular e o permeado acaba por chegar ao tubo central, sendo que o retentado ficará retido nas várias camadas de membranas. Várias camadas são dispostas sobre si, de modo a que ocorra uma melhor filtração que garanta que todo o líquido a ser filtrado atravessa pelo menos um par de membranas. Estes equipamentos são muitas vezes montados em séries de 3 módulos, para assim conferir maior robustez e impedir que a estrutura se desmonte dentro do tubo em inox onde se processa a filtração.

A filtração pode assim ser realizada de diversas formas e recorrendo a diversos métodos com diferentes características.

2.8.3. Limpeza de equipamentos

2.8.3.1. Permutadores de calor

Os permutadores de calor são responsáveis, como já referido anteriormente, por diversos processos na produção de lacticínios e representam um dos pontos críticos da higienização desta indústria. A sua limpeza adquire grande importância não só para prevenir a ocorrência de alguns problemas de origem higiénica como também para garantir o melhor funcionamento destes equipamentos.

A limpeza deve ter em conta a temperatura a que se opera. Deste modo, podem dividir-se os procedimentos de limpeza em várias categorias consoante a temperatura, até porque a sujidade provocada pelo leite varia com a temperatura à qual este é submetido.

Os pasteurizadores são limpos com recurso aos sistemas CIP. A sua programação deve estar de acordo com o equipamento em causa e especialmente com o género de produto com que operam. A limpeza de um pasteurizador de nata é necessariamente diferente da limpeza de um pasteurizador de leite do dia. Desta forma, é necessário ter sempre em conta que os procedimentos de limpeza poderão variar, especialmente no que diz respeito às concentrações, temperaturas e tempos de passagem dos detergentes e enxaguamento.

Em geral, a limpeza-tipo dos pasteurizadores é feita da seguinte forma:

1. Enxaguamento
2. Fase Alcalina
3. Enxaguamento
4. Fase Ácida
5. Enxaguamento
6. Desinfecção Química ou pelo calor
7. Enxaguamento

Embora este tipo de limpeza seja a que providencia melhores resultados, tem o inconveniente de necessitar de muito tempo para a sua realização, podendo interferir com os tempos de produção.

Esta limpeza pode ser efectuada com recurso a um sistema CIP tradicional ou, em alternativa, a um CIP de fase única, o qual tem vindo a adquirir importância considerável pois permite reduzir o tempo gasto nesta operação. Os produtos utilizados são igualmente os compostos ácidos ou alcalinos mas, neste caso, altamente aditivados para que eliminem num só passo a sujidade orgânica e inorgânica.

2.8.3.1.1 Limpeza de termizadores e pasteurizadores que operam até 76°C e processam leite cru, inteiro, total ou parcialmente desnatado

CIP Completo:

1. Enxaguamento com água, que poderá ser reaproveitada de outro processo, não necessitando de ser potável, durante 5 a 10 minutos à temperatura ambiente. Esta água não deverá ser reaproveitada nem recircular no circuito já que possui um elevado grau de sujidade.
2. Passagem de um detergente alcalino a 75°C, durante 30 a 45 minutos. Em alternativa poderá utilizar-se Hidróxido de Sódio (soda) complementado com um aditivo que melhore as propriedades do detergente, nomeadamente o seu efeito molhante. No caso do uso de uma soda aditivada poderá haver necessidade de aumentar o tempo de enxaguamento do passo 3 até que o pH final do 2º passo seja adequado.
3. Enxaguamento com água limpa à temperatura ambiente, durante 5 a 10 minutos.
4. Passagem de um detergente ácido, a 50°C durante 20 a 30 minutos.
5. Enxaguamento com água limpa à temperatura ambiente durante 5 a 10 minutos.
6. Passagem de um desinfectante à temperatura ambiente, como um composto clorado à base de hipoclorito de sódio ou ácido peracético. O tempo de passagem deverá estar de acordo com o produto escolhido. Este passo poderá ou não ser realizado, tendo em conta os objectivos definidos para esta limpeza.
7. Enxaguamento com água potável à temperatura ambiente durante 5 a 10 minutos.

CIP de fase única:

1. Enxaguamento com água, que poderá ser reaproveitada de outro processo, não necessitando de ser potável, durante 5 a 10 minutos à temperatura ambiente. A água neste ponto não deverá ser reaproveitada nem recircular no circuito já que possui um elevado grau de sujidade.

2. Passagem de um detergente alcalino apropriado ao CIP de fase única, durante 30 a 45 minutos à temperatura de 75°C.
3. Enxaguamento com água limpa à temperatura ambiente durante 5 a 10 minutos.
4. Passagem de um desinfetante à temperatura ambiente, como um composto clorado à base de hipoclorito de sódio ou ácido peracético. O tempo de passagem deverá estar de acordo com o produto escolhido. Este passo poderá ou não ser realizado, tendo em conta os objectivos definidos para esta limpeza.
5. Enxaguamento com água potável à temperatura ambiente durante 5 a 10 minutos.

2.8.3.1.2. Limpeza de pasteurizadores que operam entre 76°C - 100°C e processam leite cru, leite inteiro, total ou parcialmente desnatado, produtos fermentados, natas, entre outros

CIP Completo:

1. Enxaguamento com água, que poderá ser reaproveitada de outro processo, não necessitando de ser potável, durante 5 a 10 minutos à temperatura ambiente. A água não deverá ser reaproveitada nem recircular no circuito já que possui um elevado grau de sujidade.
2. Passagem de um detergente alcalino, a 75°C, durante 30 a 45 minutos. Em alternativa poderá utilizar-se Hidróxido de Sódio (soda) complementado com um aditivo que melhore as propriedades do detergente, nomeadamente o seu efeito molhante. No caso do uso de uma soda aditivada poderá haver necessidade de aumentar o tempo de enxaguamento do passo 3 até que o pH final do 2º passo seja adequado.
3. Enxaguamento com água limpa à temperatura ambiente, durante 5 a 10 minutos.
4. Passagem de um detergente ácido, a 50°C, durante 20 a 30 minutos.
5. Enxaguamento com água limpa à temperatura ambiente durante 5 a 10 minutos.
6. Passagem de um desinfetante à temperatura ambiente, como um composto clorado à base de hipoclorito de sódio ou ácido peracético. O tempo de passagem deverá estar de acordo com o produto escolhido. Este passo poderá ou não ser realizado, tendo em conta os objectivos definidos para esta limpeza.
7. Enxaguamento com água potável à temperatura ambiente durante 5 a 10 minutos.

CIP de fase única:

1. Enxaguamento com água, que poderá ser reaproveitada de outro processo, não necessitando de ser potável, durante 5 a 10 minutos à temperatura ambiente. A água neste ponto não deverá ser reaproveitada nem recircular no circuito já que possui um elevado grau de sujidade.

2. Passagem de um detergente alcalino apropriado ao CIP de fase única, durante 30 a 45 minutos à temperatura de 85°C.
3. Enxaguamento com água limpa à temperatura ambiente durante 5 a 10 minutos.
4. Passagem de um desinfectante à temperatura ambiente, como um composto clorado à base de hipoclorito de sódio ou ácido peracético. O tempo de passagem deverá estar de acordo com o produto escolhido. Este passo poderá ou não ser realizado, tendo em conta os objectivos definidos para esta limpeza.
5. Enxaguamento com água potável à temperatura ambiente durante 5 a 10 minutos.

2.8.3.1.3. Limpeza de pasteurizadores que operam em temperaturas superiores a 100°C e processam leite UHT, leite achocolatado, produtos fermentados, natas, entre outros

Na limpeza específica destes equipamentos deve ter-se em conta que o grau de sujidade produzido é muito superior ao dos procedimentos anteriores. Até aos 100°C a higienização é uma tarefa relativamente fácil de conseguir e com procedimentos semelhantes entre si. Neste caso, o problema adquire outra dimensão e requer outras medidas. A desinfecção é desde logo um passo que não necessita de ser realizado, pois a temperatura de processamento se encarrega dessa mesma função. Outra particularidade prende-se com o processo de produção, isto é, com o modo como operam estes equipamentos, o que permite que a limpeza possa ser efectuada em várias fases da produção, podendo tratar-se de uma limpeza intermédia, realizada durante o tempo de produção e após processamento de uma quantidade determinada de produto ou uma limpeza principal realizada no fim da produção. Podemos ainda considerar uma limpeza final, realizada quando a produção está parada. Ainda relativamente a cada tipo de limpeza, há a considerar a possibilidade de realizar um CIP completo ou de fase única. Esta decisão deverá ser correctamente ponderada.

CIP Completo – Limpeza Intermédia:

1. Enxaguamento com água, que poderá ser reaproveitada de outro processo não necessitando de ser potável, durante 10 a 15 minutos à temperatura ambiente. A água não deverá ser reaproveitada nem recircular no circuito já que possui um elevado grau de sujidade.
2. Passagem de um detergente alcalino, durante 10 minutos à temperatura de produção.
3. Enxaguamento com água limpa à temperatura ambiente, durante 5 a 10 minutos.
4. Passagem de um detergente ácido, à temperatura de produção, durante 1 a 2 minutos, ou em alternativa uma solução de ácido nítrico.
5. Enxaguamento com água potável durante 10 a 12 minutos à temperatura ambiente.

CIP de fase única – Limpeza Intermédia:

1. Enxaguamento com água, que poderá ser reaproveitada de outro processo não necessitando de ser potável, durante 10 a 15 minutos à temperatura ambiente. A água não deverá ser reaproveitada nem recircular no circuito já que possui um elevado grau de sujidade.
2. Passagem de um detergente alcalino apropriado ao CIP de fase única, durante 10 minutos, à temperatura de produção.
3. Enxaguamento com água potável durante 5 a 10 minutos à temperatura ambiente.

CIP Completo – Limpeza Principal:

1. Enxaguamento com água, que poderá ser reaproveitada de outro processo não necessitando de ser potável, durante 10 a 15 minutos à temperatura ambiente. A água não deverá ser reaproveitada nem recircular no circuito, já que possui um elevado grau de sujidade.
2. Passagem de um detergente alcalino, durante 20 a 30 minutos à temperatura de produção.
3. Enxaguamento com água limpa à temperatura ambiente, durante 5 a 10 minutos.
4. Passagem de um detergente ácido, à temperatura de produção, durante 5 minutos, ou em alternativa uma solução de ácido nítrico.
5. Enxaguamento com água potável durante 10 a 15 minutos à temperatura ambiente.

CIP de fase única – Limpeza Principal:

1. Enxaguamento com água, que poderá ser reaproveitada de outro processo não necessitando de ser potável, durante 10 a 15 minutos à temperatura ambiente. A água não deverá ser reaproveitada nem recircular no circuito, já que possui um elevado grau de sujidade.
2. Passagem de um detergente alcalino apropriado ao CIP de fase única, durante 20 a 30 minutos à temperatura de produção.
3. Enxaguamento com água potável durante 5 a 10 minutos à temperatura ambiente.

CIP Completo – Limpeza Final:

1. Enxaguamento com água, que poderá ser reaproveitada de outro processo não necessitando de ser potável, durante 10 a 15 minutos à temperatura ambiente. A água não deverá ser reaproveitada nem recircular no circuito já que possui um elevado grau de sujidade.
2. Passagem de um detergente alcalino, durante 30 a 45 minutos a 85°C.
3. Enxaguamento com água limpa à temperatura ambiente, durante 5 a 10 minutos.

4. Passagem de um detergente ácido, a 65°C, durante 20 a 30 minutos, ou em alternativa uma solução de ácido nítrico.
5. Enxaguamento com água potável durante 10 a 15 minutos à temperatura ambiente.

CIP de fase única – Limpeza Final

1. Enxaguamento com água, que poderá ser reaproveitada de outro processo não necessitando de ser potável, durante 10 a 15 minutos à temperatura ambiente. A água não deverá ser reaproveitada nem recircular no circuito, já que possui um elevado grau de sujidade.
2. Passagem de um detergente alcalino apropriado ao CIP de fase única, durante 20 a 35 minutos a 85°C.
3. Enxaguamento com água potável durante 5 a 10 minutos à temperatura ambiente.

2.8.3.1.4. Pontos a reter na limpeza de permutadores de calor

A limpeza destes equipamentos é tanto mais difícil quanto mais elevada é a temperatura a que operam. Produtos com elevado extracto seco dificultam igualmente a tarefa e requerem uma maior atenção. O uso de detergentes formulados comercialmente permite a diminuição da concentração de muitos produtos sem comprometer a eficácia, relativamente às matérias-primas como o Hidróxido de Sódio e o Ácido Nítrico. A utilização de produtos de fase única tem como objectivos reduzir o tempo de limpeza e baixar os custos da limpeza. Nem sempre esta solução é a melhor e terá de ser ponderada caso a caso. A eficácia do CIP completo é, em geral, melhor. A realização intercalada do CIP de fase única e do CIP completo poderá ser uma boa solução apresentando um bom compromisso eficácia/custo/tempo. Ainda relativamente ao CIP de fase única é necessário que o detergente alcalino escolhido tenha elevada concentração de agentes sequestrantes. No caso de o EDTA ser o sequestrante presente no detergente, deverá garantir-se, através da verificação por análise laboratorial, que no final da limpeza ainda está presente algum EDTA livre. Este facto significará que a sujidade inorgânica não se encontra em excesso relativamente ao sequestrante e também que a concentração do detergente utilizada na lavagem está de acordo com a quantidade de sujidade e características de produção. A presença destes agentes proporciona não só uma redução da dureza da água, mas sobretudo uma redução da deposição da sujidade inorgânica quando não se utiliza a passagem de detergente ácido.

O CIP garante deste modo uma limpeza eficaz e sistemática para este tipo de equipamento. Contudo, a limpeza exterior do pasteurizador não deverá ser negligenciada, com recurso a um dos métodos utilizados em OPC, assim como a limpeza dos circuitos onde circula a água responsável pela permuta de calor, a qual poderá provocar precipitações inorgânicas nas tubagens e placas dos pasteurizadores. A limpeza destes circuitos deverá ser agendada

com uma frequência definida, tendo em conta as horas de produção do equipamento. No caso dos permutadores de placas, o equipamento deverá ser desmontado e limpo manualmente com recurso a esfregões e a um detergente apropriado para este tipo de limpeza. Não devem igualmente ser esquecidos todos os *o-rings* presentes no equipamento, os quais deverão ser trocados sempre que necessário a fim de não contaminarem a produção nem permitirem falhas do equipamento.

2.8.3.2. Centrífugas/clarificadores e homogeneizadores:

A limpeza destes equipamentos é realizada também com recurso a sistemas CIP. Estão geralmente interpostos numa das linhas de produção e, como tal, na programação de uma das linhas de CIP. Podem ser limpos em conjunto com os pasteurizadores ou por vezes com alguns tanques. A programação definida deve estar de acordo com as temperaturas a que operam, razão pela qual os procedimentos de limpeza referidos para os pasteurizadores podem ser utilizados também neste tipo de equipamentos. O recurso a detergentes alcalinos, ácidos ou de fase única é em tudo semelhante ao anterior, bem como as temperaturas. Os tempos de passagem deverão ser tanto maiores quanto maior o comprimento do circuito mas cabe ao técnico responsável definir quais as particularidades de cada uma das limpezas, tendo em conta não só as características da produção como também as necessidades de limpeza. Assim sendo, fará todo o sentido limpar um homogeneizador em conjunto com a linha de pasteurização no caso da produção de leite ou nata pasteurizada. Se a linha de produção estiver configurada para produtos UHT, em que a homogeneização se realiza após o tratamento térmico, deverá ser ponderada a configuração do circuito de limpeza. Para a implementação de linhas de CIP eficazes é preciso avaliar, além da própria configuração da linha de produção, as condicionantes da produção. Muitas vezes a produção é realizada por fases, sendo que nem todos os processos ocorrem de forma simultânea. A utilização dos tanques para armazenamento dos diversos produtos permite, por exemplo, fazer o enchimento de nata pasteurizada enquanto a restante linha de pasteurização é limpa. Neste caso seriam limpos em simultâneo, por exemplo, o pasteurizador, a centrífuga, o homogeneizador e todas as conexões e tubagens que os unem. Caso esteja interposto no sistema, o equipamento de padronização da quantidade de gordura da nata pode também ser limpo neste mesmo circuito.

2.8.3.3. Equipamentos de armazenamento, tubagens e conexões respectivas

Os equipamentos de armazenamento são variados e podem ter configurações diferentes. Os locais de armazenagem e conservação dos laticínios são refrigerados e, desta forma, possuem sistemas de refrigeração que estão muitas vezes acoplados ou fazem mesmo parte do equipamento. Estão geralmente interpostos na linha de produção e a limpeza efectua-se geralmente de modo simultâneo, com recurso a um sistema CIP e pontualmente

com equipamentos de OPC. Neste último caso deverá ser escolhido um método adequado para cada situação. Muitas vezes os sistemas CIP apresentam zonas de difícil limpeza que necessitarão de cuidado especial, já que os detergentes e a força mecânica aplicada não são suficientes para este efeito. Noutros casos, alguns equipamentos não estão preparados para o CIP e necessitarão de um protocolo de limpeza individual e específico. Os circuitos de limpeza efectuados devem compreender no seu trajecto apenas os equipamentos que tenham sujidades semelhantes, isto é, que operem nas mesmas condições e com produtos semelhantes. Não será correcto limpar em simultâneo um tanque de armazenamento de leite UHT e um tanque de armazenamento de nata pasteurizada.

2.8.3.4. Tanques e silos

Também neste tipo de equipamentos, realizar-se uma limpeza intermédia e uma limpeza final. Os sistemas CIP permitem que se limpe apenas parte do circuito enquanto outras porções continuam a operar. A frequência de cada limpeza deverá ter em conta o volume e tempo de produção. A colocação das *spray-balls* e torniquetes no interior dos tanques deverá ser estudada para que toda a superfície interna seja exposta aos detergentes e correctamente enxaguada. A acção mecânica providenciada por estes pequenos objectos permite ultrapassar a impossibilidade de fazer circular as soluções de limpeza dentro dos tanques. Nos tanques, os líquidos devem sempre ser aplicados a partir do ponto mais alto para que nas superfícies internas do tanque exista escorrência dos líquidos abrangendo todo o interior dos tanques.

CIP para limpeza final dos tanques:

1. Efectuar as ligações com o CIP.
2. Enxaguamento com água, que poderá ser reaproveitada de outro processo não necessitando de ser potável, durante 5 a 10 minutos à temperatura ambiente. A água não deverá ser reaproveitada nem recircular no circuito, já que possui um elevado grau de sujidade.
3. Passagem de um detergente alcalino, a 70°C, durante 20 minutos. Em alternativa poderá utilizar-se Hidróxido de Sódio (soda) complementado com um aditivo que melhore as propriedades do detergente, nomeadamente o seu efeito molhante. No caso do uso de uma soda aditivada poderá haver necessidade de aumentar o tempo de enxaguamento do passo 3, até que o pH final do 2º passo seja adequado.
4. Enxaguamento com água limpa à temperatura ambiente, durante 5 a 10 minutos.
5. Passagem de um detergente ácido, a 50°C durante 10 minutos.
6. Enxaguamento com água limpa à temperatura ambiente durante 5 a 10 minutos.
7. Passagem de um desinfectante à temperatura ambiente, como um composto clorado à base de hipoclorito de sódio ou ácido peracético. O tempo de passagem deverá

estar de acordo com o produto escolhido. Este passo poderá ou não ser realizado, tendo em conta os objectivos definidos para esta limpeza.

8. Enxaguamento com água potável à temperatura ambiente durante 5 a 10 minutos.

CIP para limpeza intermédia

1. Efectuar as ligações com o CIP.
2. Enxaguamento com água, que poderá ser reaproveitada de outro processo não necessitando de ser potável, durante 5 a 10 minutos à temperatura ambiente. A água não deverá ser reaproveitada nem recircular no circuito, já que possui um elevado grau de sujidade.
3. Passagem de um detergente alcalino apropriado ao CIP de fase única, durante 15 minutos a 70°C.
4. Enxaguamento com água potável à temperatura ambiente durante 5 a 10 minutos.

2.8.3.5. Membranas

A limpeza de membranas possui diversas características que lhe conferem uma especificidade própria, bem como um conhecimento profundo dos equipamentos, particularidades de cada tipo de membrana e processos de produção. Este trabalho não irá por essa razão, abordar as membranas de forma aprofundada e exaustiva, mas sim de uma forma mais abrangente e didáctica.

Como já referido, a composição das membranas pode variar muito. A membrana pode ser constituída por apenas um material ou por uma junção de diversos materiais. Esta característica confere às membranas diversos comportamentos e tolerâncias face a diversas condições. Deve sempre evitar-se danificar a membrana durante o processo de limpeza. As especificidades de cada membrana devem ser respeitadas a fim de manter o seu tempo de vida programado. Os métodos de limpeza utilizados em outros equipamentos que processam lacticínios, recorrendo a temperaturas muito elevadas e grandes variações no pH, não são tolerados por muitas membranas (Smith & Bradley, 1987).

No que diz respeito ao processo há que considerar diversos parâmetros, que terão de ser controlados e aferidos para uma melhor eficácia, nomeadamente o fluxo (ou a pressão, como já referido), a selectividade da membrana, a resistência da membrana aos factores ambientais (pH, temperatura, produtos de limpeza) e os custos associados ao processo (Jelen, 1979). Um dos principais problemas relativos à manutenção das membranas depara-se com a deposição constante de sujidade nos seus poros (*fouling*), fenómeno que ocorre durante o tempo de processamento do equipamento e que, apesar de ser parte inerente do processo de filtração, compromete a sua eficácia (Stabile & Roger, 1985). Muitos dos constituintes do retentado não possuem tamanho adequado para passarem através dos poros da membrana porém são capazes de se depositar nestes espaços, reduzindo

gradualmente a capacidade de filtração. Muitas vezes, chega a ser necessário adequar a pressão exercida ao tempo de produção para que o processo se mantenha convenientemente funcional quando a membrana apresenta já uma menor permeabilidade. A pressão exercida é fundamental para que a filtração ocorra, mas não deverá ser excessiva porque, nesse caso, poderá possibilitar uma rápida deposição da sujidade nas membranas. Por todas estas razões é inegável a necessidade de higienização das membranas.

Todavia, fim de garantir uma melhor limpeza das membranas, existem vários pontos que devem ser respeitados quando se processam laticínios em sistemas de membranas:

- a) Não utilizar os sistemas de filtração durante um tempo maior do que o recomendado pelo fabricante. A sujidade pode acumular-se a um nível que dificulte muito a sua remoção ou danifique mesmo a membrana.
- b) As especificações do produto a filtrar devem ser cumpridas, caso contrário pode ocorrer deposição de sujidades impossíveis de remover.
- c) No caso dos laticínios, a idade do produto a filtrar deverá ser conhecida pois produtos armazenados há muito tempo poderão conter um elevado grau de desnaturação proteica que comprometerá a eficácia e posterior limpeza das membranas.
- d) Os locais de armazenamento dos produtos a filtrar deverão estar sempre em condições adequadas (limpos e isentos de contaminação) para impedir que ocorra desenvolvimento microbiano nas membranas. Este problema poderá ser difícil de resolver, especialmente em membranas que possuem uma baixa tolerância ao pH.

No que diz respeito à limpeza das membranas em si, na maioria dos casos este procedimento é conseguido recorrendo a sistemas CIP incorporados nos sistemas de filtração (Bohner & Bradley, 1992). A sua especificidade é muito elevada e necessita de técnicos especializados que analisem cada uma das situações e escolham a solução adequada para a realização da limpeza e desinfecção. O recurso à microscopia poderá ser um meio de verificar a limpeza das membranas quando a inspeção visual não é suficiente. Contudo, existem vários pormenores que devem sempre ser respeitados na limpeza de membranas de filtração de laticínios independentemente do sistema utilizado:

- a) As membranas em espiral possuem uma estrutura semelhante a um “rolo de cozinha”, o que juntamente com as limitações de pH e temperatura que muitas vezes possuem, as tornam muito difíceis de limpar.
- b) Alguns surfactantes podem danificar as membranas, especialmente as poliméricas, ou até mesmo alterar a sua polaridade modificando a permeabilidade da membrana.
- c) O ácido fosfórico pode danificar as membranas de cerâmica.
- d) Os compostos clorados podem não se adequar a certos tipos de membranas, nomeadamente de Osmose Inversa e Microfiltração.

- e) Produtos altamente alcalinos danificam membranas de Acetato de Celulose
- f) Perda de pressão durante a limpeza pode comprometer a eficácia da mesma e levar a problemas de produção.
- g) As temperaturas de limpeza, quando muito elevadas, podem alterar as características das membranas e influenciar a produção.
- h) A água utilizada na limpeza e desinfecção das membranas deverá ter uma constituição mineral adequada, especialmente no que diz respeito ao ferro e silicatos.
- i) Limpezas pouco eficazes realizadas de modo consecutivo comprometem a limpeza dos poros e promovem severas perdas de eficácia durante a produção.

2.8.4. Limpeza de instalações industriais

A utilização de sistemas de OPC de elevada eficácia na indústria dos lactícínios possui múltiplas vantagens para a produção, bem como para a manutenção dos equipamentos.

2.8.4.1. Limpeza de superfícies externas de CIP e outros equipamentos metálicos

Este tipo de limpeza, apesar de não ser o objectivo principal da grande maioria dos procedimentos de limpeza, não deverá ser negligenciado e a sua realização deverá ser agendada segundo uma frequência previamente determinada. Poderá ocorrer de diversas formas, sendo possível programar dois tipos de limpeza: uma limpeza diária e uma limpeza periódica mais profunda. A limpeza manual ou por espuma serão provavelmente as alternativas mais viáveis. O recurso a um enxaguamento prévio à temperatura ambiente e a posterior utilização de um detergente de baixa alcalinidade a uma temperatura que seja confortável para o operador (aproximadamente 40°C) seguido de enxaguamento a quente será uma boa solução no caso da limpeza manual. O tempo de contacto, em ambos os casos, não deverá ser inferior a 15 minutos. Por outro lado, os sistemas de espuma requerem a utilização de detergentes que possuam tensioactivos com elevada capacidade de formar espuma. O pH dos detergentes poderá ser ligeiramente mais elevado, comparativamente à limpeza manual, desde que se mantenham seguros para os metais mais brandos e para os operadores do equipamento de espuma. Todos estes detergentes deverão ter propriedades anticorrosivas. Quando se tratar de uma limpeza periódica, deverá ser aplicado em seguida um detergente ou espuma ácida para remover a “pedra do leite” e outras incrustações inorgânicas. Esta limpeza poderá ser feita, conforme o caso, 1 a 2 vezes por semana. Caso seja necessária uma desinfecção deverá, em ambos os casos, ser escolhido um desinfectante seguro para cada tipo de utilização.

2.8.4.2. Pavimentos

Este tipo de superfície deverá ser higienizado tendo em conta as horas de produção e a sujidade que aí se deposita; não apresenta geralmente uma dificuldade acrescida para a sua limpeza já que a sujidade aí presente, quando proveniente dos lacticínios, é facilmente removida.

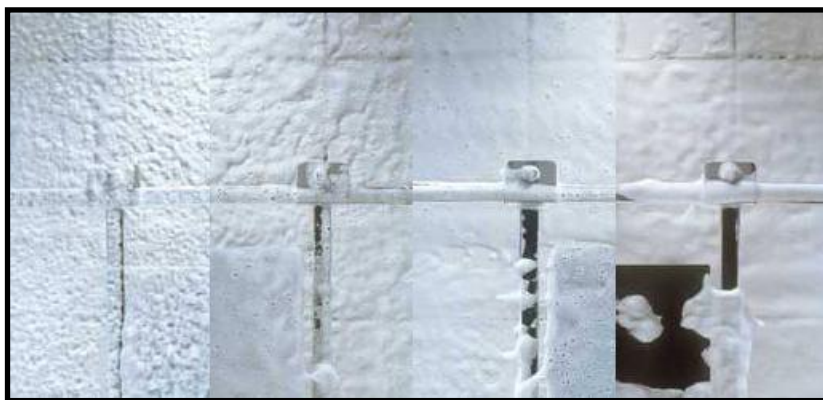
Deve iniciar-se a lavagem, de acordo com o procedimento OPC, com uma preparação da sala ou salas a serem limpas, seguida da remoção de sujidades mais grosseiras se for esse o caso. A área deverá então ser enxaguada com água quente (aproximadamente 40°C), especialmente se o pavimento se encontrar fortemente engordurado. Aplica-se então uma solução detergente alcalina, nunca a frio, devendo a temperatura estar próxima se possível, dos 50°C. Deve recorrer-se à ajuda de escovas se a limpeza for manual. Se o equipamento utilizado for uma máquina de alta pressão, não será necessária uma acção mecânica manual. Se por outro lado o equipamento disponível utilizar a produção de espuma para realizar a limpeza, poderá ser ponderada a utilização de espumas de detergentes fortemente alcalinos em pavimentos muito sujos ou, caso se pretenda uma desinfecção simultânea, um detergente alcalino e clorado. Os tempos de contacto dos detergentes e desinfectantes deverão respeitar as indicações dos fabricantes. Contudo, o tempo de contacto nunca deve ser inferior a 5-10 minutos, caso a temperatura de aplicação seja a recomendada.

Por fim, a limpeza dos pavimentos poderá recorrer às máquinas auto-lavadoras. Estas representam um investimento avultado porém realizam toda a limpeza do pavimento na sua passagem. São uma solução cómoda e que optimiza a utilização de água e energia eléctrica, bem como dos detergentes para a limpeza.

2.8.4.3. Paredes e tectos

Estas superfícies nem sempre estão preparadas para uma limpeza rápida e eficaz e são por isso facilmente negligenciáveis. A presença dos sistemas de iluminação e outros equipamentos eléctricos são exemplos desta problemática. Apesar

Figura 27 – Aplicação de espumas com elevado tempo de contacto



destes factos, a sua

Adaptado de: Documentação Interna da JohnsonDiversey

limpeza deverá ser programada tendo em conta as características e tempos de produção, de modo que a sujidade não se acumule indefinidamente.

Para a limpeza deste tipo de superfícies, a utilização de sistemas de espuma é, sem dúvida, a melhor opção.

O elevado tempo de contacto que as espumas proporcionam comparativamente a outros detergentes e a possibilidade de poderem ser utilizadas em superfícies inclinadas fazem deste método a escolha ideal. A escolha deverá recair sobre espumas de baixa alcalinidade. O enxaguamento inicial e final não deverão ser feitos a frio, sendo de preferência à temperatura ambiente. O tempo de contacto deverá ser adequado à sujidade aí presente.

Caso a limpeza necessite de ser feita manualmente, nomeadamente em locais onde outros métodos de OPC não podem ser utilizados, deverá usar-se um detergente neutro que assegure uma segura manipulação por parte do operador.

2.9. Optimização dos procedimentos de limpeza

Apesar da higienização dos equipamentos e instalações envolvidas no processamento do leite constituir um conjunto de acções necessárias para uma correcta elaboração do produto final, os custos associados são encarados pela indústria e produtores de leite com alguma contenção. Este facto exige que a limpeza e desinfectação, desde que cumpra os critérios legais e, em alguns casos, os critérios definidos pela própria empresa, deva ter o menor custo possível. As limpezas exigem na maioria das vezes elevados volumes de água, de energia para aquecimento ou bombeamento de água, equipamentos onerosos, mão-de-obra e tempo. Este último factor poderá inclusive condicionar as horas destinadas à produção comprometendo o potencial produtivo em alguns casos. Existe assim a necessidade de melhorar os procedimentos de limpeza, diminuindo o seu custo, tempo e muitas vezes tornando-os mais adequados ao objectivo proposto.

A optimização implica encarar, estudar e por fim decidir sobre os melhoramentos que podem ser efectuados nas diversas variáveis que podem influenciar uma limpeza. No diz respeito ao Círculo de Sinner, e tomando como exemplo uma limpeza através de um sistema CIP após a implementação de um procedimento, em tudo semelhante aos exemplos atrás referidos, o técnico responsável deverá aferir os seguintes aspectos:

1. Concentração dos diversos detergentes e desinfectantes utilizados:

As concentrações inicialmente definidas poderão posteriormente ser diminuídas mantendo uma boa higienização. A substituição dos produtos inicialmente seleccionados poderá também ser uma alternativa, caso o seu preço seja consideravelmente mais baixo. A oscilação do preço das matérias-primas poderá ditar a escolha de um produto mais económico.

2. Tempos de passagem dos detergente e enxaguamentos:

Por vezes, os sistemas de CIP têm definidos tempos de passagem excessivos para os detergente utilizados, bem como tempos de enxaguamentos muito longos. A utilização de produtos formulados em detrimento das matérias-primas, como por exemplo o Hidróxido de Sódio, permite enxaguamentos mais rápidos e passagens mais curtas sem qualquer perda de eficácia.

3. As características do fluxo dos diferentes circuitos, bem como o estado das bombas e diversas tubagens que o constituem:

Os circuitos de produção e de limpeza deverão ser projectados para que não ocorram perdas de pressão no circuito nem zonas onde as soluções de limpeza não contactem devidamente com a superfície, como acontece em tanques de armazenamento quando os torniquetes são mal colocados, ou existe falta de pressão para o seu funcionamento. Todos estes problemas devem ser investigados e se possível resolvidos ou minorados.

4. A adequação da temperatura estabelecida a cada um dos circuitos CIP:

Mais uma vez, a programação dos circuitos CIP nem sempre se adequa ao processo de limpeza. As temperaturas utilizadas são muitas vezes mais elevadas do que o necessário, consumindo recursos energéticos de modo inadequado. A escolha da temperatura mínima apropriada poderá ser um desafio que a longo prazo trará elevadas poupanças.

Estes factos demonstram que, apesar de existirem orientações gerais sobre como cada um dos procedimentos de limpeza se deve executar, são necessários pequenos ajustes a cada um dos procedimentos pois cada caso terá as suas próprias particularidades, não só no domínio da engenharia como também no tipo de lacticínio processado. Os ajustes realizados poderão não só poupar avultadas somas em produtos, volume de água e energia, mas também aumentar o tempo disponível para a produção.

Um outro factor a ter em conta durante a optimização de um procedimento de higienização, prende-se com os defeitos e problemas de concepção existentes nos equipamentos de produção e nas instalações que os alojam. Não é de todo pouco comum, encontrar zonas de difícil acesso que permanecem mal limpas após o procedimento, locais das tubagens onde as soluções de limpeza não circulam de modo conveniente, entre outros. Cabe ao responsável pela optimização sugerir as melhorias a efectuar para melhorar o processo.

Uma outra condicionante do processo, que muitas vezes impede a optimização correcta dos procedimentos, é a acção dos operadores. Muitas vezes, quer por falta de formação, quer por negligência para com a correcta execução dos passos definidos para a higienização, os

operadores condicionam todo o processo. São casos típicos a sobredosagem, quando estão encarregues de preparar a solução de limpeza, a incorrecta utilização dos equipamentos de limpeza como os aparelhos de alta pressão ou de espuma, o desperdício de água em enxaguamentos manuais, ou até mesmo a introdução de alterações voluntárias aos procedimentos. Todos estes pormenores podem aumentar os custos e, acima de tudo, comprometer a eficácia da limpeza e impedir a optimização.

A optimização representa, assim, uma das acções a realizar posteriormente à implementação dos procedimentos de limpeza, a fim de não só reduzir custos e melhorar a limpeza, como também reduzir o impacto ambiental que daí resulta.

3. Conclusão

A realização teste trabalho pretendeu, com as informações aqui divulgadas, auxiliar todo o sector a reconhecer e entender a importância da higiene (limpeza e desinfecção) para o sucesso e prosperidade económica e produtiva de todos os operadores do sector primário e secundário que produzem e manipulam lacticínios, respectivamente. A compreensão de muitos dos fenómenos químicos e bioquímicos associados às actividades de limpeza e desinfecção são determinantes para a correcta planificação e, em parte, para a execução das mesmas.

O leite, que representa a principal matéria-prima utilizada por estas empresas, é um líquido bastante perecível e que requer elevados cuidados na sua manipulação e conservação. A sujidade e resíduos provenientes do leite e dos restantes lacticínios têm características particulares que deverão ser consideradas no processo de higienização. Todo o sector está exposto aos perigos provenientes do desenvolvimento microbiano e da contaminação que pode ocorrer nos diversos pontos do processo produtivo e da sua transformação. Somente uma higiene cuidada e correctamente planeada permite cumprir as exigências que o leite e os produtos lácteos representam.

O tempo e recursos empregues na higiene, bem como o investimento que muitas vezes é necessário realizar, podem representar um esforço, porém, a aposta na higiene poderá trazer consideráveis benefícios à produção, à qualidade do produto e até mesmo à sua valorização comercial. Os equipamentos empregues terão um maior período de vida útil se a sua limpeza for realizada de forma adequada, a produção será mais eficiente e muitos dos problemas relacionados com uma incorrecta higienização serão evitados, reduzindo os custos associados com a sua resolução. Na maioria dos casos, é preferível actuar de forma pró-activa, realizando um investimento, ainda que oneroso, apostando em bons métodos e equipamentos de limpeza, na formação profissional dos operadores e numa estratégia empresarial que aposte em Boas Práticas de Produção e de Fabrico, ao invés de a agir de forma reactiva, ou seja, a aplicar esses recursos posteriormente na resolução dos problemas que acabam por surgir.

Com o desenvolvimento dos métodos de produção e uma maior exigência por parte dos consumidores, o pacote legislativo criado acompanhou esta tendência e possui agora maiores exigências na higiene dos espaços, equipamentos e especialmente do produto. Deste modo, todos os operadores devem garantir que a sua produção é de qualidade, não só nutricional e organoléptica, assim como igualmente segura para o consumidor. Os métodos e procedimentos facultados pelas empresas de higiene são diversos e apresentam várias soluções que se podem adequar a diferentes necessidades por parte dos operadores deste sector, permitindo uma melhor produção e maior qualidade higio-sanitária, que se coadunam como os cada vez mais exigentes padrões nacionais e europeus de Segurança Alimentar e Saúde Pública.

4. Bibliografia

- American Ground Water Trust (2003). *Solutions to water hardness problems*. Estados Unidos da América: AGWT.
- Andersen, A. (1958). New sampler for the collection, sizing, and enumeration of viable airbourne particles. *Journal of Bacteriology*, 76, 471-484.
- Associação Nacional dos Industriais de Lacticínios (2002). *Código de Boas Práticas de Higiene: Indústria de Leite e Produtos Lácteos*. Portugal:ANIL.
- Associação para a Escola Superior de Biotecnologia da Universidade Católica (2003). *Manual de higienização na indústria alimentar*. Portugal: AESBUC.
- Baines, R. N., Ryan, P.J., & Davies, P. (2004). *HACCP at the farm level - the missing link in food safety & security*. 14th Annual World Food and Agribusiness Forum, Symposium and Case Conference. Montreaux, Suíça.
- Barnes, L. M., Lo, M. F., Adams, M. R. & Chamberlain, A. H. L. (1999). Effect of milk proteins on adhesion of bacteria to stainless stell surfaces. *Applied and Environmental Microbiology*, 65, 4543-4548.
- Berkelman, R., Holland, B. & Anderson, R. (1982). Increased bactericidal activity of dilute preparations of povidone-iodine solutions. *Journal of Clinical Microbiology*, 15 (4), 635-639.
- Bjorland, J., Sunde, M. & Waage, S. (2001). Plasmid-bourne *smr* gene causes resistance to quaternary ammonium compounds in bovine *Staphylococcus aureus*. *Journal of Clinical Microbiology*, 39 (11), 3999-4004.
- Boehm, G. & Stahl, B. (2007). Oligosaccharides from Milk. *The Journal of Nutrition*. 137, 847S-849S.
- Bohner, H. F. & Bradley, R. L. (1992). Effective cleaning and sanitizing of polysulfone ultrafiltration membrane systems. *Journal of Dairy Science*, 75, 718-724.
- Bray, D., Natzke, R., Everett, R. & Wilcox, C. (1983). Comparison of teat dips with differing iodine concentrations in prevention of mastitis infection. *Journal of Dairy Science*, 66, 2593-2596.
- Chassagne, M., Barnouin, J. & Le Guenic, M. (2005). Expert assessment study of milking and hygiene practices characterizing very low somatic cell score herds in France. *Journal of Dairy Science*, 88, 1909-1916.
- Chilled Food Association (2002). *Hygienic Design Guidelines*. Reino Unido: CFA.
- CRITT HYGINOV (2001). *Guía para la elaboración de un plan de limpieza y desinfección de aplicación en empresas del sector alimentario*. Espanha: Editorial Acribia
- Donlan, R. & Costerton, W. (2002). Biofilms: survival mechanisms of clinically relevant microorganisms. *Clinical Microbiology Reviews*, 15, 167-193.
- European Association for Animal Production (2005). *Indicators of milk and beef quality*. Holanda: EAAP.

- Federacion Nacional Industrias Lacteas (2005a). *Lacteos y Salud N°0*. Madrid: FENIL.
- Federacion Nacional Industrias Lacteas (2005b). *Lacteos y Salud N°1*. Madrid: FENIL.
- Food Standards Agency (2006). *Milk hygiene on the dairy farm*. Inglaterra: FSA.
- Fordham, J. P. (1978). Safe handling of peracetic acid in a closed environment. *Laboratory Animal*, 12, 247-248.
- Gava, A. J. (1984). *Princípios de tecnologia de alimentos*. (7ª edição). São Paulo: Editora Nobel
- Gibson, G. & Roberfroid, M. (1995). Dietary modulation of the human colonic microbiota: introducing the concept of prebiotics. *The Journal of Nutrition*, 125, 1401-1412.
- Hayes, M. C., Ralyea, R. D., Murphy, S. C., Carey, N. R., Scarlett, J. M. & Boor, K. J. (2001). Identification and characterization of elevated microbial counts in bulk tank raw milk. *Journal of Dairy Science*, 84, 292-298.
- Hecht, G., Héry, M., Hubert, G. & Subra, I. (2004). Simultaneous sampling of peroxyacetic acid and hydrogen peroxide in workplace atmospheres. *The Annals of Occupational Hygiene*, 48 (8), 715-721.
- Hiddink, J., Boer, R. & Nooy, P. F. (1980). Reverse osmosis of dairy liquids. *Journal of Dairy Science*, 63: 204-214.
- Hogan, J., Smith, K., Hoblet, K., Todhunter, D., Schoenberger, P., Hueston, W., Pritchard, D., Bowman, G., Heider, L., Brockett, B & Conrad, H. (1989). Bacterial counts in bedding materials used on nine commercial dairies. *Journal of Dairy Science*, 72, 250-258.
- Holm, C., Jepsen, L., Larsen, M. & Jespersen, L. (2004). Predominant microflora of downgraded danish bulk tank milk. *Journal of Dairy Science*, 87, 1151-1157.
- Ingawa, K. H., Adkinson, R. W. & Gough, R. H. (1992). Evaluation of gel teat cleaning and sanitizing compound for premilking hygiene. *Journal of Dairy Science*, 75, 1224-1232.
- Instituto Nacional de Estatística (2001). *Estatísticas agro-industriais: leite e derivados 1996-2000*. Portugal: INE
- Instituto Nacional de Estatística (2008). *Boletim mensal da agricultura, pescas e agro-indústria (Outubro)*. Portugal: INE
- International Dairy Federation/Food and Agriculture Organization (2004). *A farm-to-table approach in for emerging and developed dairy countries*. Cidade do Cabo: IDF/FAO.
- Jayarao, B. M., Pillai, S. R., Sawant, A. A., Wolfgang, D. R. & Hegde, N. V. (2004). Guidelines for monitoring bulk tank milk somatic cell and bacterial count. *Journal of Dairy Science*, 87, 3561-3573.
- Jelen, P. (1979). Physico-chemical properties of milk and whey in membrane processing. *Journal of Dairy Science*, 62, 1343-1351.

- Johns, N. (2000). *Higiene de los alimentos: directrices para profesionales de hostelería, restauración y catering*. Espanha: Editorial Acibria
- Klungel, G. H., Slaghuis, B. A. & Hogeveen, H. (2000). The effect of the introduction of automatic milking systems on milk quality. *Journal of Dairy Science*, 83, 1998-2003.
- Kosikowski, F. (1988). Enzyme behavior and utilization in dairy technology. *Journal of Dairy Science*, 71, 557-573.
- Kulkarni, S. M., Maxcy, R. B. & Arnold, R. G. (1974). Evaluation of soil deposition and removal processes: an interpretive review. *Journal of Dairy Science*, 58, 1922-1936.
- Kumar, C. G. & Anand, S. K. (1998). Significance of microbial biofilms in food industry: a review. *International Journal Food Microbiology*. 42, 9-27.
- Lelieveld, H., Mostert, M. & Holah, J. (2005). Handbook of hygiene control in the food industry. USA: Woodhead Publishing Limited.
- Leveau, J. & Bouix, M. (2002). *Manual técnico de higiene, limpieza y desinfección*. Espanha: AMV Ediciones Mundi-Prensa. 623 pp.
- Makarova, K. et al. (2006). Comparative genomics of the lactic acid bacteria. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 42, 15611-15616.
- Makarova, K., Slesarev, A., Wolf, Y., Sorokin, A., Mirkin, B., Koonin, E., Pavlov, A., Pavlova, N., Karamychev, V., Polouchine, N., Shakhova, V., Grigoriev, I., Lou, Y., Rohksar, D., Lucas, S., Huang, K., Goodstein, D., Hawkins, T., Plegvidhya, V., Welken, D., Hughes, J., Goh, Y., Benson, A., Baldwin, K., Lee, J., Diaz-Muñiz, I., Dosti, B., Smeianov, V., Wechter, W., Barabote, R., Lorca, G., Altermann, E., Barrangou, R., Ganesan, B., Xie, Y., Rawsthorne, H., Tamir, D., Parker, C., Breidt, F., Broadbent, J., Hutkins, R., O'Sullivan, D., Steele, J., Unlu, G., Saier, M., Klaenhammer, T., Richardson, P., Kozyavkin, S., Weimer, B. & Mills, D. (2006). Comparative genomics of the lactic acid bacteria. *Proceedings of the National Academy of Science*, 42, 15611-15616
- McDonnell, G. & Russell, A. D. (1999). Antiseptics and disinfectants: activity, action and resistance. *Clinical Microbiology Reviews*, 12, 147-179.
- Merin, U., Gézan-Guiziu, G., Boyaval, E. & Daufin, G. (2002). Cleaning-in-place in the dairy industry: criteria for reuse of caustic (NaOH) solutions. *Lait*, 82, 357-366.
- Moxley, J.E., Kennedy, B.W., Downey, B.R. & Bowman, J.S. (1978) Survey of milking hygiene practices and their relationships to somatic cell counts and milk production. *Journal of Dairy Science*, 61, 1637-1644.
- Murphy, S.C., Kozlowski, S.M., Bandler, D.K. & Boor, K. J. (1997) Evaluation of Adenosine Triphosphate-Bioluminescence Hygiene Monitoring for Trouble-Shooting Fluid Milk Shelf-Life Problems. *Journal of Dairy Science*, 81, 817-820.
- Neave, F. K., Dodd, F. H., Kingwill, R. G. & Westgard D. R. (1969). Control of Mastitis in the Dairy Heard by Hygiene and Management. *Journal of Dairy Science*, 52, 696-707.

- Neijenhuis, F., Barkema, H., Hogeveen, H. & Noordhuizen, J. (2001). Relationship between teat-end callosity and occurrence of clinical mastitis. *Journal of Dairy Science*, 84, 2264-2272.
- Pankey, J. W. (1988). Premilking udder hygiene. *Journal of Dairy Science*, 72, 1308-1312.
- Pankey, J. W., Eberhart, R. J., Cuming, A. L., Dagget, R. D., Farnsworth, R. F. & McDuff, C. K. (1984). Uptake on postmilking teat antiseptics. *Journal of Dairy Science*, 67, 1336-1353.
- Parodi, P. (1997). Cow's milk fat components as potential anticarcinogenic agents. *The Journal of Nutrition*, 127, 1055-1060.
- Pierami, R. M. & Stevenson, K.E. (1975) Detection of metabolites produced by psychotrophic bacteria growing in milk. *Journal of Dairy Science*, 59, 1010-1015.
- Ragab-Depre, N. (1982). Water Disinfection with the hydrogen peroxide-ascorbic acid-copper(II) system. *Applied and environmental microbiology*, 44 (3), 555-560.
- Regulamento nº 852/2004 de 29 de Abril de 2004. Jornal Oficial da União Europeia. Portugal.
- Regulamento nº1234/2007 de 22 de Outubro de 2007. Jornal Oficial da União Europeia. Portugal.
- Riekerink, R. G., Barkema, H. W. & Stryhn, H. (2007). The effect of season on somatic cell count and the incidence of clinical mastitis. *Journal of Dairy Science*, 90, 1704-1715.
- Ruegg, P.L. & Reinemann, D.J. (2002). Milk quality and mastitis tests. *Bovine Practitioner*, 36, 41-54.
- Sandt, C., Barbeau, J., Gagnon, M. & Lafleur, M. (2007). Role of ammonium group in the diffusion of quaternary ammonium compounds in *Streptococcus mutans* biofilms. *Journal of Antimicrobial Chemotherapy*, 60, 1281-1287.
- Scholz-Ahrens, K., Ade, P., Marten, B., Weber, P., Timm, W., Asil, Y., Gluer, C. & Schrezenmeir, J. (2007). Prebiotics, probiotics, and synbiotics affect mineral absorption, bone mineral content, and bone structure. *The Journal of Nutrition*, 137, 838S-846S.
- Sidhu, M. S., Heir, E., Leegaard, T., Wiger, K. & Holck, A. (2002). Frequency of disinfectant resistance genes and genetic linkage with β -lactamase transposon Tn552 among clinical Staphylococci. *Antimicrobial Agents and Chemotherapy*, 46 (9), 2797-2803.
- Silva, J.C. & Noordhuizen, J.P. (2007). From heard health to HACCP – like quality risk management on dairy farms. *British Cattle Veterinary Association*, 15, 250-255.
- Smith, K. E. & Bradley, R. L. (1987). Activity of four enzyme-based cleaners for ultrafiltration systems against proteins in skim milk and whey. *Journal of Dairy Science*, 70, 243-251.
- Sprenger, R. A. (2005). *Hygiene for Management: focus on food safety*. (12ª edição). Reino Unido: Highfield Publications.

- Stabile, R. L. & Roger, N. F. (1985). Effect of fouling on flux and on energy requirements in reverse osmosis of skim milk. *Journal of Dairy Science*, 68, 1917-1925.
- Tetra Pak (1995). *Tetra Pak Dairy Processing Handbook*. Suécia
- van den Heuvel, E., Schoterman, M. & Mujs, T. (2000). Transgalactooligosaccharides stimulate calcium absorption in postmenopausal women. *The Journal of Nutrition*, 130, 2938-2942.
- Vasavada, P. C. (1988). Pathogenic bacteria in milk – a review. *Journal of Dairy Science*, 71, 2809-2816.
- Veisseyre, R. (1972). *Lactologia técnica: Recogida, tratamiento y transformacion de la leche en países templados y calientes*. (2ª edição). Espanha: Editorial Acribia.
- Velasco, J. & Moats, W. A. (1958) Relation between lactic acid bacteria and direct microscopic counts for bacteria in nonfat dry milk. *Journal of Dairy Science*, 42, 1785-1791.
- Vissers, M. M., Driehuis, F., Te Giffel, M., De Jong, P. & Lankveld J. M. (2006). Improving farm management by modeling the contamination of farm tank milk with butyric acid bacteria. *Journal of Dairy Science*, 89, 550-558.
- Ward, R.E. & German, J.B. (2004). Understanding Milk's Bioactive Components: A Goal for the Genomics Toolbox. *The Journal of Nutrition*, 134, 962S-967S.
- Watnick, P. & Kolter, R. (2000). Biofilm, city of microbes. *Journal of Bacteriology*, 182, 2675-2679.
- Wildbrett, G. (2006). *Limpieza y desinfección en la industria alimentaria*. Espanha: Editorial Acribia. 349 pp.
- Wong, A. C. (1998). Biofilms in food processing environments. *Journal of Dairy Science*, 81, 2765-2770.